



**Politecnico
di Torino**

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

A.A. 2022/2023

Sessione di Laurea Marzo 2023

Tesi di Laurea Magistrale

Programmi di Proof-of-Concept e carriera accademica: un'analisi dell'impatto

Relatori

prof. PAOLUCCI EMILIO
prof.ssa RESIO FABIANA

Candidato

Salvatore Pappalardo

INTRODUZIONE E CONTESTO	1
INTRODUZIONE ALLA RICERCA E DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI	1
CONTESTUALIZZAZIONE DEI FINANZIAMENTI PROOF-OF-CONCEPT E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO	1
STRUTTURA DELLA TESI	3
REVIEW DELLA LETTERATURA	5
INTRODUZIONE SUL FENOMENO DELL'IMPRENDITORIALITÀ ACCADEMICA - IL RUOLO DEL TT NEL CONTESTO UNIVERSITARIO	5
I BENEFICI DEL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO PER L'ECONOMIA E LA SOCIETÀ	8
STUDIO DELLE POLITICHE PUBBLICHE E DEGLI STRUMENTI DI FINANZIAMENTO DEL TT	9
INTRODUZIONE AI FINANZIAMENTI PROOF-OF-CONCEPT (POC)	11
DIFFUSIONE DEI POC A LIVELLO INTERNAZIONALE	14
CENTRI POC E DETERMINANTI DEL SUCCESSO	16
METODOLOGIA E RACCOLTA DATI	20
RACCOLTA E ORGANIZZAZIONE DEI DATI	20
Costruzione del database Excel e analisi descrittiva	21
ANALISI DEI DATI E RISULTATI	27
ANALISI DELLA TENDENZA CENTRALE	27
ANALISI SPECIFICA DELLA TENDENZA CENTRALE: COME ALCUNE VARIABILI INFLUENZANO IL FENOMENO IN STUDIO	30
ANALISI DELLA VARIANZA (ANOVA) DEL CAGR	34
ANALISI DELLA VARIANZA (ANOVA) DEL FWCI	39
CONCLUSIONI	43
RIASSUNTO DEI PRINCIPALI RISULTATI OTTENUTI	43
LIMITI DELLA RICERCA E SUGGERIMENTI PER FUTURE RICERCHE	44
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	46
SITOGRAFIA	48
INDICE DELLE FIGURE	49

INTRODUZIONE E CONTESTO

Introduzione alla ricerca e definizione degli obiettivi

Negli ultimi anni i finanziamenti PoC (Proof of Concept) sono diventati una pratica sempre più comune nel mondo accademico e della ricerca. Tuttavia, nonostante il loro crescente utilizzo, poco si sa sull'effettiva incidenza che essi hanno sui soggetti accademici che vi partecipano.

La tesi si propone di esaminare l'impatto di tali finanziamenti sulla loro carriera, con l'obiettivo di identificare le principali opportunità e le eventuali sfide che questi programmi presentano per tutti coloro che vi partecipano.

In particolare, si cercherà di capire se i Proof-of-Concept rappresentino una valida opportunità per gli soggetti di sviluppare le proprie competenze e di acquisire maggiore visibilità nella comunità scientifica o se, al contrario, possano rappresentare un rischio per la loro carriera e un'eventuale distrazione dalle attività di ricerca più tradizionali.

Contestualizzazione dei finanziamenti Proof-of-Concept e Trasferimento Tecnologico

Il Trasferimento Tecnologico (TT) è un'attività che nel corso degli anni ha assunto sempre maggiore importanza all'interno delle università. Questa ha lo scopo di trasferire conoscenze e tecnologie innovative derivanti dalle *Research-Based Inventions* (RBI) sviluppate all'interno del mondo accademico all'Industria, contribuendo alla crescita economica sia a livello locale che nazionale, migliorando la competitività tra imprese e costituendo al contempo una fonte di reddito per gli atenei.

Il successo del processo di trasferimento viene spesso limitato da diversi ostacoli (tra i quali il cosiddetto *funding gap*) che impediscono ai team di ricerca all'interno delle università di tradurre le loro RBI in soluzioni potenzialmente commercializzabili. Queste invenzioni sono infatti caratterizzate da un basso livello di maturità tecnologica che si traduce in alta rischiosità e limitata propensione di adozione da parte dell'Industria.

Per far fronte a tali problematiche sono state introdotti dei particolari programmi di finanziamento, chiamati *Proof-of-Concept* (PoC) che, attraverso l'erogazione di fondi e fornendo competenze e formazione ai ricercatori, consentono loro di dimostrare l'efficacia e la fattibilità delle loro scoperte, riducendo l'incertezza tecnologica delle *Research-Based Invention* e, di conseguenza, permettendo l'attrazione di finanziamenti ulteriori e successivi da parte di investitori e imprese.

La letteratura sui programmi di *Proof-of-Concept* è varia e comprende una serie di approcci che analizzano la loro efficacia ed il loro impatto sulla commercializzazione delle scoperte prodotte all'interno delle università.

Numerosi studi hanno analizzato come tali programmi di finanziamento contribuiscano al trasferimento tecnologico tra università e Industria, evidenziando gli ostacoli che spesso si presentano nel corso di questo processo e i fattori che influenzano la probabilità di successo di commercializzazione delle scoperte accademiche.

Altri studi hanno, invece, analizzato l'interazione esistente tra le caratteristiche intrinseche del progetto partecipante al programma, del team di sviluppo della RBI sottostante il progetto e il potenziale di commercializzazione delle invenzioni finanziate.

Altri ancora si sono soffermati sull'importanza di definire un modello di TT efficace ed alternativo e sul ruolo predominante che ricopre l'esplorazione nella produzione di conoscenza scientifica.

Un aspetto che invece risulta ancora limitatamente investigato è l'effetto della partecipazione ai programmi PoC sulla carriera accademica dei soggetti appartenenti all'università. La tesi ha come obiettivo principale quello di investigare ulteriormente come l'adesione a queste tipologie particolari di finanziamento impatti sulla carriera dei vari soggetti accademici partecipanti, in termini di numero di citazioni e progetti di ricerca nei quali essi risultano coinvolti. A tal fine, è stato creato un database tramite l'uso di Excel contenente i dati relativi ai progetti presentati e ai 576 soggetti che hanno effettuato almeno una richiesta di finanziamento ai programmi PoC promossi da parte del Politecnico di Torino e di Fondazione Compagnia di San Paolo tra il 2016 ed il 2021.

Tramite una prima *analisi della tendenza centrale* si è evidenziato un aumento significativo del numero medio di citazioni e progetti di ricerca successivi alla partecipazione ai programmi PoC. Si sono, inoltre, condotte ulteriori analisi per approfondire come l'effetto di tali finanziamenti sulla carriera dei soggetti partecipanti vari a seconda di alcune variabili (tra cui qualifica ed età del soggetto, anno di primo ottenimento o richiesta del PoC e categoria tecnologica del progetto finanziato). Successivamente, è stata condotta un'ulteriore disamina statistica di tipologia differente: la cosiddetta *analisi ANOVA* (Analysis of Variance). Essa è stata utilizzata per studiare il CAGR (Compound Annual Growth Rate) relativo al numero di citazioni prima e dopo il finanziamento. Lo studio è stato effettuato confrontando il comportamento di tale indicatore per tutti quei soggetti che hanno richiesto il PoC senza mai ottenerlo (gruppo di controllo) e per quelli che, invece, hanno ottenuto il finanziamento (gruppo di trattamento). Grazie a tale disamina si è visto che, sebbene la differenza media tra i gruppi analizzati sia

presente, non è statisticamente significativa. Nonostante ciò, lo studio condotto è stato in grado di ottenere un risultato ben preciso: la partecipazione al PoC non ha avuto nessun impatto negativo sulle performance accademiche dei soggetti analizzati.

In conclusione, la tesi ha l'ambizione di dimostrare che l'adesione ai programmi *Proof-of-Concept* può rappresentare un'importante opportunità per i soggetti universitari di migliorare la loro carriera accademica, oltre che aumentare la probabilità di commercializzazione delle loro invenzioni. Inoltre, cerca di confutare il pensiero di tutti coloro sostengano che tale partecipazione al PoC possa avere un impatto negativo sulla carriera dei soggetti partecipanti. Viene quindi sottolineata l'importanza del ruolo ricoperto dai professori universitari nel trasferimento tecnologico e la necessità di incentivare la loro partecipazione a tali programmi. La tesi contribuisce quindi alla letteratura relativa al processo di trasferimento tecnologico e mira a incentivare la partecipazione ad esso da parte dei soggetti accademici, promuovendo un clima di collaborazione tra il mondo accademico e quello imprenditoriale.

Struttura della tesi

In questo paragrafo verrà fornita una panoramica delle varie sezioni e sottosezioni che compongono la tesi e verranno spiegate le ragioni dietro ad ogni scelta effettuata.

L'elaborato è così strutturato:

- Capitolo 1 - Review della letteratura: nel primo capitolo, dopo una breve introduzione, verrà descritto il fenomeno dell'imprenditorialità accademica e il ruolo del *Technology Transfer* (TT) nel contesto universitario. In particolare verranno analizzati i benefici economici e sociali del Trasferimento Tecnologico e si approfondiranno le politiche pubbliche e gli strumenti di finanziamento relativi a tale fenomeno. Verrà data maggiore attenzione ai finanziamenti *Proof-of-Concept* (Poc) descrivendone la diffusione internazionale e l'impatto sull'imprenditorialità accademica. Infine, si approfondirà il ruolo dei cosiddetti "*Centri PoC*", ovvero strutture create all'interno delle università o dei centri di ricerca con l'obiettivo di facilitare la partecipazione ai programmi PoC, e si fornirà una panoramica di due importanti esempi di istituzioni dedite a ciò, ovvero il *Deshpande Center* del Massachusetts Institute of Technology (MIT) e il *Von Liebig Center* dell'Università della California di San Diego (UCSD). Tale capitolo ha l'obiettivo di contestualizzare la tesi proposta ed introdurre il lettore agli argomenti successivamente trattati.

- Capitolo 2 – Metodologia e raccolta dati: nel secondo capitolo verrà descritta la metodologia utilizzata per la raccolta e l'organizzazione dei dati. In particolare, verrà esplicitato il criterio di selezione delle informazioni utilizzate per l'analisi, la modalità di organizzazione e le linee guida utilizzate per la gestione dei casi particolari. Infine verrà effettuata un'ampia analisi descrittiva del database creato. Tale capitolo ha due obiettivi fondamentali: consentire ai lettori di comprendere appieno l'importanza della fase di raccolta ed organizzazione dei dati, nonché di apprezzare il livello di cure e attenzione dedicati alla realizzazione dell'analisi e dare la possibilità, grazie alla descrizione dettagliata del processo, di replicare lo studio in futuro e verificarne i risultati ottenuti.
- Capitolo 3 – Analisi dei dati e risultati: nel terzo capitolo verranno descritte tutte le analisi condotte sul tema. In particolare, inizialmente sarà esplicitata una disamina della tendenza centrale sul numero medio di citazioni e progetti di ricerca effettuati e, successivamente, un'analisi della varianza (ANOVA) relativa al CAGR del numero di citazioni per i soggetti che hanno ottenuto il PoC e per quelli che lo hanno soltanto richiesto, senza mai ottenerlo. Successivamente verrà eseguita un'ulteriore analisi ANOVA utilizzando come indicatore di confronto il FWCI e cercando di “migliorare” l'efficacia del gruppo di controllo. Seguiranno, inoltre, disamine più specifiche con l'obiettivo di valutare se alcune variabili (qualifica dei soggetti, range di età, università di appartenenza, ecc.) siano significative e se esistano correlazioni o associazioni tra queste ed i risultati trovati. Per arricchire il capitolo saranno inclusi dati rilevanti presentati in forma di grafici chiari ed efficaci, i quali permetteranno ai lettori di comprendere facilmente le informazioni e di visualizzare le relazioni tra i dati in modo più visivo ed intuitivo.
- Capitolo 4 – Conclusioni: nell'ultimo capitolo verranno esposti i risultati della ricerca condotta, sottoponendo a sintesi i principali dati e le informazioni raccolte durante l'analisi. Sarà effettuata una disamina critica di tali risultati in relazioni agli obiettivi della tesi, evidenziando le principali implicazioni e conclusioni deducibili da essa. Infine, verranno esaminati i limiti e le eventuali fonti di *bias* presenti nell'elaborato e si individueranno le prospettive future di ricerca e i possibili miglioramenti del design di studio.

REVIEW DELLA LETTERATURA

Introduzione sul fenomeno dell'imprenditorialità accademica - Il ruolo del TT nel contesto universitario

L'imprenditorialità accademica è quel fenomeno per cui professori universitari, ricercatori ed altri soggetti legati al mondo accademico utilizzano le conoscenze scientifiche e tecnologiche acquisite durante le loro attività di ricerca per la creazione di nuove imprese o per trasferire tecnologie innovative a società già esistenti.

In tale processo assume grande importanza il concetto di Trasferimento Tecnologico (TT), ovvero quel meccanismo attraverso il quale le conoscenze e le tecnologie sviluppate nell'ambito della ricerca accademica vengono diffuse verso l'Industria.

Questo trasferimento avviene attraverso una serie di attività, tra cui la protezione della proprietà intellettuale, la valutazione del potenziale commerciale delle innovazioni, la negoziazione di accordi di licenza o di collaborazione con le imprese e la creazione di spin-off e startup.

Il ruolo del TT nel contesto universitario è cruciale. Gli istituti accademici sono, infatti, i principali produttori di conoscenze e tecnologie innovative.

Le università hanno amplificato le loro attività imprenditoriali negli ultimi decenni, in quanto l'innovazione derivante dalle collaborazioni tra università e Industria è sempre più riconosciuta per il suo contributo alla crescita economica (Bradley, Hayter, & Link, 2013).

“Questo crescente interesse per la ricerca coincide con un crescente riconoscimento da parte dei decisori politici della necessità di porre maggiore enfasi sulla creazione e lo sfruttamento della conoscenza sotto forma di imprenditorialità da parte delle università” (Chiesa & A.Piccaluga, 2000). Il trasferimento tecnologico assumerà dunque un ruolo sempre più importante per lo sviluppo economico.

Nonostante ciò, ad oggi, i fattori che inibiscono il trasferimento al mercato delle *Research-Based-Invention* (RBI) sviluppate all'interno delle università sono in numero elevato. Lo studio condotto da John A. Cunningham in “*Hurdles in University-Industry technology transfer: A Literature Review*” identifica tre classi principali di inibitori: istituzionale, interpersonale e culturale.

Gli **inibitori istituzionali** comprendono tutti quei problemi ricorrenti che i gruppi di ricerca affrontano per aumentare il TRL (*Technology Readiness Level*, ovvero la scala che misura il livello di maturità tecnologica) della loro RBI.

Tra questi spiccano:

- Mancanza di risorse: i fondi disponibili per aumentare i livelli massimi di TRL sono limitati. Dal livello 3 in poi, infatti, per aumentare di un solo livello il TRL occorrono molte più risorse di quelle fornite dalle università per sostenere attività di ricerca standard.
 - Disallineamento università-industria: le università e le imprese hanno difficoltà nell'allineare i propri obiettivi e condividere gli investimenti e rischi ad essi associati. Questo avviene soprattutto a causa della cosiddetta “*asimmetria di orientamento*” definita da J. Cunningham nel paper nominato precedentemente. Tale fenomeno si riferisce alle differenze negli obiettivi e nelle aspettative che hanno gli accademici e le loro controparti industriali. Infatti, secondo Cunningham, i *Principal Investigator* (PI) che conducono la ricerca dei progetti finanziati devono continuamente gestire la sfida di conciliare le richieste e le aspettative degli enti finanziatori con i propri interessi e obiettivi di ricerca. Tale asimmetria è fortemente legata a discrepanze temporali tra accademici ed imprese. I primi, infatti, si preoccupano di raggiungere obiettivi a lungo termine, i secondi mirano invece a raggiungere obiettivi di breve termine quali profitti, crescita e, più in generale, l'immediato riscontro da parte del mercato. Gli accademici, essendo valutati in base alle loro pubblicazioni e al prestigio del loro curriculum, raramente preferiscono brevettare e/o concedere in licenza una tecnologia rispetto ad intraprendere una nuova strada di ricerca. Inoltre, la paura di perdere la propria libertà accademica o controllo della proprietà intellettuale sulle loro ricerche induce gli accademici a limitare le collaborazioni con altri ricercatori a discapito del processo di trasferimento tecnologico.
- Un altro fattore di disallineamento è legato alla condivisione del rischio di fallimento tra l'Industria e gli atenei. Le imprese, infatti, dovendo coprire tutti i costi marginali, non sono disposte ad investire in progetti di ricerca aventi un rischio elevato in termini di applicabilità. Infine, non è da sottovalutare l'incapacità da parte delle aziende di comprendere appieno il contenuto e il valore stesso delle RBI (Cunningham, 2011).
- Mancato bilanciamento negli incentivi: le interviste condotte da Cunningham in “*Hurdles in university-Industry technology transfer: A Literature Review*” hanno evidenziato come i ricercatori abbiano maggiore interesse a sviluppare progetti di ricerca puramente teorici (quindi orientati solo alla pubblicazione) rispetto a progetti di ricerca applicata. Inoltre, si evince che molti PI preferiscano gestire e sviluppare molteplici progetti invece che concluderli. Questo fenomeno accade poiché, all'interno del contesto universitario, il numero di pubblicazioni è spesso usato come indicatore di eccellenza accademica dei professori. Nel dibattito sul ruolo delle università nella promozione dell'innovazione e della

crescita economica, emergono diverse prospettive riguardanti la relazione tra attività scientifica e imprenditorialità. Tuttavia, gli studi di Van Looy et al. in “*Combining entrepreneurial and scientific performance in academia: Towards a compounded and reciprocal Matthew effect?*” e di Baycan, Stough et al in “*Bridging knowledge to commercialization: The good, the bad, and the challenging*” suggeriscono che queste due attività possano coesistere e addirittura interagire positivamente, se gestite in modo efficace e mirato alla creazione di valore a lungo termine. Questo ci porta a riflettere sulle opportunità offerte dal trasferimento tecnologico e sull'importanza di un approccio che combini ricerca e imprenditorialità, che possa generare benefici non solo economici ma anche sociali.

Gli **inibitori interpersonali** si riferiscono a tutti quei problemi che gli accademici devono affrontare per costruire connessioni con gli altri stakeholder.

Tali criticità sono riconducibili a:

- Disconnessione: i gruppi di ricerca godono spesso di una reputazione debole al di fuori dell'ambiente accademico. Si viene a creare una vera e propria mancanza di fiducia tra il mondo accademico e quello industriale. Inoltre, le relazioni tra aziende e gruppi di ricerca, essendo stabilite e mantenute dal PI, vengono a mancare nel momento in cui quest'ultimo si sposta in un'altra università o va in pensione.
- Attriti esterni: differenze linguistiche e culturali possono creare barriere comunicative tra gli studiosi di università differenti.
- Attriti interni: tutti quei comportamenti opportunistici e scorretti tra gli studiosi della stessa università che creano criticità nella gestione dei vari progetti di ricerca.

Infine gli **inibitori culturali** includono tutte le criticità che si vengono a creare tutte le volte che i gruppi di ricerca basano le proprie aspettative su false convinzioni o interpretazioni errate dei segnali delle imprese. In “*Hurdles in university-industry technology transfer: A Literature Review*”, gli inibitori culturali sono divisi in due tipologie:

- *Misconception*: gli studiosi spesso si concentrano su questioni complesse che non sono necessariamente rilevanti per le esigenze reali dell'industria e della società, conducendo così una ricerca troppo orientata alla teoria.
- *Fallacy*: i gruppi di ricerca spesso adottano una prospettiva errata rispetto ai bisogni delle aziende e alle loro esigenze di innovazione, proponendo soluzioni radicali che le imprese non sempre sono disposte ad accettare, preferendo soluzioni incrementali.

Sulla base dei risultati ottenuti in *“Hurdles in university-industry technology transfer: A Literature Review”*, risulta evidente che i professori, che rappresentano un elemento cruciale dell'ecosistema del trasferimento tecnologico, necessitano di supporto nella costruzione di una rete di contatti al fine di procedere ulteriormente nello sviluppo della loro ricerca. In questo contesto, i Technology Transfer Office (TTO) sono gli attori incaricati di supportare i professori, tuttavia, tale ricerca ha evidenziato che i TTO non sono sempre sufficientemente proattivi. Una delle soluzioni possibili per eludere gli inibitori descritti precedentemente potrebbe essere quella di avere TTO più proattivi, che siano in grado di promuovere attivamente la rete di contatti necessaria per lo sviluppo della ricerca.

Inoltre, un'ulteriore soluzione potrebbe essere la modifica del ruolo di altri attori, come università, incubatori e parchi scientifici, all'interno dell'ecosistema del trasferimento tecnologico. Gli incubatori universitari e i parchi scientifici, ad esempio, potrebbero personalizzare il servizio fornito alle imprese, fungendo da intermediari tra start-up, accademici e attori del settore, favorendo così lo sviluppo e il trasferimento della tecnologia.

Nell'attuale contesto economico altamente competitivo e tecnologico, è essenziale che le università adottino una mentalità imprenditoriale per avere successo nel trasferimento tecnologico. Tuttavia, come già discusso, partecipare ad attività di trasferimento tecnologico non è sufficiente per passare da un'istituzione puramente accademica ad una di tipo imprenditoriale. È fondamentale che l'intera cultura dell'università incoraggi e sostenga gli accademici e gli studenti a commercializzare le loro invenzioni e proprietà intellettuale, rendendo l'imprenditorialità una parte integrante delle missioni accademiche stesse (Kirby, 2006).

I benefici del Trasferimento Tecnologico per l'economia e la società

Nel mondo moderno, il trasferimento tecnologico (TT) è un elemento fondamentale per la crescita economica ed il progresso sociale. Attraverso il TT, l'innovazione può essere tradotta in soluzioni concrete che migliorano la qualità della vita delle persone, aumentano la produttività e generano nuove opportunità di lavoro. Inoltre, il TT possiede il potenziale per creare nuovi mercati e trasformare settori economici interi, contribuendo al benessere generale della società.

Si elencano di seguito i principali benefici che tale processo può offrire:

- Innovazione e sviluppo tecnologico: incrementa lo sviluppo di nuove tecnologie, prodotti e servizi e favorisce la creazione di nuovi mercati (Mowery, Joanne , & Brian, 2001).
- Maggiore trasparenza ed accessibilità alle innovazioni (Jaffe, Fogarty & Banks, 1993).
- Incremento della competitività delle imprese: grazie alle conoscenze e alle tecnologie acquisite tramite questo processo, le imprese possono migliorare la loro efficienza produttiva, ridurre i costi e sviluppare nuovi prodotti e servizi, aumentando la loro competitività sia a livello nazionale che internazionale (Rogers, 2001) (Sharma & Tripathi, 2016).
- Creazione di nuove imprese e posti di lavoro: favorisce la nascita di nuove imprese, soprattutto nel settore delle tecnologie avanzate, contribuendo alla creazione di nuovi posti di lavoro e allo sviluppo dell'occupazione (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).
- Miglioramento della qualità della vita: il trasferimento tecnologico ricopre un ruolo da protagonista nello sviluppo di nuove tecnologie, prodotti e servizi nel settore della salute, dell'ambiente o dei trasporti. La qualità dei servizi sanitari aumenta grazie all'adozione di tecnologie avanzate in campo medico (Bekkers & Bodas Freitas, 2008).
- Riduzione divario tra ricerca accademica e applicazione pratica: favorisce l'interazione tra mondo accademico e industria, promuovendo la ricerca applicata e lo sviluppo di soluzioni tecnologiche in grado di rispondere alle esigenze del mercato (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).
- Consapevolezza ambientale: Favorisce la sostenibilità ambientale attraverso lo sviluppo e l'adozione di tecnologie e processi eco-sostenibili (Grimpe & Hussinger, 2014).

Studio delle politiche pubbliche e degli strumenti di finanziamento del TT

Nel contesto descritto precedentemente, il ruolo delle politiche pubbliche e degli strumenti di finanziamento del TT è fondamentale per garantire che le innovazioni generate dalle attività di ricerca siano trasformate in prodotti e servizi commerciali e che, quindi, abbiano un riscontro positivo nel mercato.

Esistono varie politiche pubbliche a supporto del trasferimento tecnologico, tra cui:

- Finanziamenti diretti: concessi dal governo a università, imprese e centri di ricerca per sostenere lo sviluppo di tecnologie innovative e il loro trasferimento al mercato.
- Agevolazioni fiscali: strumenti quali credito d'imposta, deduzioni fiscali o esenzioni fiscali possono incentivare a investire in ricerca e sviluppo le imprese.
- Strutture a sostegno dell'imprenditorialità: il governo agisce a favore del trasferimento tecnologico attraverso la creazione di incubatori d'impresa o acceleratori, nonché attraverso programmi di formazione e mentoring per gli imprenditori.
- Programmi di trasferimento tecnologico: gli enti pubblici possono creare programmi di trasferimento tecnologico per aiutare a tradurre le scoperte accademiche in prodotti e servizi commerciali. Tra questi spiccano i cosiddetti *Proof-of-Concept* (PoC) che verranno ampiamente discussi in questa tesi.
- Partenariati pubblico-privati: la collaborazione tra il settore pubblico e quello privato può portare alla creazione di iniziative di trasferimento tecnologico, che possono includere programmi di finanziamento congiunto, scambio di risorse o collaborazioni strategiche.

Ovviamente le politiche pubbliche possono variare a seconda dei Paesi e delle regioni. Tuttavia, le politiche descritte sopra sono comuni a molte nazioni e vengono attuate da governi e organizzazioni a livello nazionale, regionale e locale [1] (Agenzia per la Promozione della Ricerca Europea (APRE), s.d.) [2](Ministero dell'Innovazione e delle Tecnologie, s.d.).

Considerando i principali strumenti di finanziamento del trasferimento tecnologico, è possibile citare:

- Finanziamento pubblico: proveniente da fonti nazionali, regionali o locali, spesso disponibile sotto forma di sovvenzioni, prestiti a tasso agevolato o incentivi fiscali per le imprese.
- Venture capital: gli investitori forniscono finanziamenti alle start-up in cambio di una quota di proprietà. Strumento spesso utilizzato per sostenere lo sviluppo e la commercializzazione di tecnologie innovative con un alto potenziale di crescita.

- Crowdfunding: nasce come principale alternativa al venture capital. Consiste in un'ampia base di investitori che fornisce piccole somme di denaro per sostenere progetti specifici.
- Licenze e royalties: l'azienda che detiene la tecnologia concede a un'altra impresa il diritto di utilizzare la tecnologia in cambio di un pagamento periodico riconducibile ad una percentuale delle vendite o ad un canone fisso.

Occorre specificare che la maggioranza degli investitori, in particolare *Venture Capitalist* ed *Angel Investor*, tende ad investire in tecnologie in fase avanzata di sviluppo e imprese già affermate, con prodotti o servizi consolidati sul mercato ed un track record dimostrato di successo.

Tale approccio crea un vero e proprio divario nel finanziamento delle nuove tecnologie emergenti, in particolare di quelle ancora in fase di ricerca e sviluppo iniziale. Secondo un rapporto del sondaggio “*MoneyTreeTM*” del 2007 e “*Venture Capital Industry*” del 2006 i ricercatori hanno grandi difficoltà nel trovare finanziamenti che gli permettano di condurre ricerche di mercato e di sviluppare o testare i primi prototipi durante la fase iniziale del loro progetto accademico. Per colmare questa lacuna e, dunque, accelerare la commercializzazione delle innovazioni universitarie, sono stati creati nuovi strumenti di finanziamento come i programmi di *Proof-of-Concept* (PoC) (Gulbranson & Audretsch, 2008).

Introduzione ai finanziamenti Proof-of-Concept (PoC)

I programmi di Proof-of-Concept (PoC) sono iniziative di promozione all'innovazione che mirano a sostenere la fase iniziale dello sviluppo di tecnologie promettenti, attraverso finanziamenti e supporto a ricercatori, allo scopo di incrementare il livello di maturità di tali invenzioni, in modo tale da poter essere trasferite all'Industria con successo (Battaglia, Paolucci, & Ughetto, 2021) (Gulbranson & Audretsch, 2008).

A differenza dei tradizionali metodi di finanziamento che spesso richiedono anni di attesa e una vasta quantità di dati preliminari prima di poter accedere ai fondi, i programmi PoC si concentrano sulla rapidità e flessibilità nella concessione dei sussidi. In questo modo riescono a supportare i ricercatori in una fase precoce del progetto, quando l'invenzione è ancora in fase di sviluppo e non ci sono ancora dati a sufficienza per garantirne l'affidabilità o il successo futuro.

Inoltre, mentre i tradizionali fondi di sovvenzione si rivolgono principalmente a società private precostituite (piccole e grandi imprese in pieno sviluppo), i finanziamenti PoC mirano soprattutto a progetti realizzati da singoli ricercatori e gruppi di ricerca (Munari & Toschi, 2021).

Questa tipologia particolare di finanziamento può essere proposta da enti pubblici, come università, istituti di ricerca, agenzie governative o sovvenzioni dell'Unione Europea, oppure da fondazioni private, come la Fondazione Cariplo, Fondazione TIM, Fondazione CRT e Fondazione Compagnia di San Paolo. Ad esempio, i dati che andranno a supporto di tale tesi sono riferiti a programmi PoC proposti da quest'ultima fondazione citata.

Come descritto nell'articolo "The role of Proof-of-Concept programs in facilitating the commercialization of research-based inventions" di Battaglia et al. del 2021, l'architettura di tali programmi di finanziamento è la medesima per tutti i Paesi ed è strutturata in tre differenti fasi:

- Fase preparatoria: i ricercatori sviluppano un piano d'azione che li aiuti a chiarire tre aspetti chiave del loro progetto:
 - Aspetti tecnici ed economici per l'avanzamento del TRL;
 - Riconoscimento delle opportunità di go-to market;
 - Sostenibilità del business.
- Fase di valutazione: una commissione di esperti valuta i contenuti del progetto proposto dal gruppo di ricerca e aiutano loro a raccogliere informazioni sui possibili domini di applicazione della tecnologia a cui si riferisce il progetto. Inoltre, supportano i ricercatori nella fase di creazione di contatti rilevanti con attori esterni e forniscono loro feedback in merito alla *market feasibility* della loro idea. Complessivamente, in questa fase, si determina se un progetto merita di ricevere una sovvenzione PoC e, in caso di esito positivo, vengono fornite raccomandazioni sui passaggi successivi da intraprendere per ottenere la convalida delle RBI;
- Fase di esecuzione: viene fornita al gruppo di ricerca una sovvenzione per dimostrare la fattibilità e il funzionamento della loro RBI. I ricercatori eseguono una prima convalida del mercato di riferimento e riferiscono costantemente i risultati al comitato di esperti che, a loro volta, forniscono feedback in modo da assicurarsi che il progetto continui a rispettare i criteri di valutazione stabiliti inizialmente.

I finanziamenti PoC aspirano a raggiungere una molteplicità di obiettivi diversi tra loro, tra cui:

- Verificare la fattibilità tecnica: hanno l'ambizione di verificare se l'idea o la tecnologia possano essere applicate al mondo industriale (Chen & Porteus, 2014);
- Valutare la fattibilità commerciale: verificare se l'idea o la tecnologia abbia un potenziale mercato e la sua *scalability* (Siegel & Westhead, 2009);
- Attrarre investimenti: altro obiettivo rilevante è quello di attrarre investimenti per portare avanti lo sviluppo di un'idea o di una tecnologia. Dimostrare la fattibilità tecnica e commerciale può, infatti, aumentare l'interesse degli investitori (Kassicieh & Souza, 2003);
- Promuovere la collaborazione: uno degli obiettivi più ambiziosi del PoC coincide con il voler promuovere la collaborazione tra università, centri di ricerca e imprese, favorendo lo scambio di conoscenze e risorse (Colombo, Grilli, & Murtinu, 2014):
- Migliorare la competitività: possono contribuire a migliorare la competitività delle imprese e dei paesi, promuovendo l'innovazione e la creazione di nuovi prodotti e servizi (Cooke, Morgan, & Muñoz, 2016).

È importante sottolineare che il supporto offerto dai programmi di *Proof-of-Concept* non è definito solo in termini monetari, bensì tali finanziamenti contribuiscono alla convalida della fattibilità tecnica e commerciale delle RBI attraverso la combinazione di tre elementi:

- Denaro;
- Competenze nel dominio applicativo di stakeholder esterni o imprenditori in grado di valutare il potenziale commerciale delle invenzioni;
- Formazione imprenditoriale mirata a tutti i ricercatori e scienziati coinvolti nel progetto di ricerca.

La combinazione di questi tre fattori ha l'obiettivo di creare un ambiente favorevole per l'innovazione, accelerare il processo di commercializzazione delle tecnologie e ridurre il loro rischio di fallimento (Battaglia, Paolucci, & Ughetto, 2021) (Munari, Sobrero, & Toschi, 2017) (Gulbranson & Audretsch, 2008).

Ci si potrebbe chiedere se un'enfasi eccessiva verso le attività di valorizzazione commerciale dei progetti di innovazione possa andare a discapito dell'attenzione e dello sforzo dedicati alle attività di ricerca di base. Tale questione è stata ampiamente dibattuta nella letteratura esistente, in particolar modo, si è visto come sia più probabile che i risultati di valorizzazione significativi

siano perseguiti da ricercatori scientificamente più produttivi rispetto ai loro colleghi (Azoulay, Zivin, & Manso, 2007) (Looy, Debackere, Engelen, & Veugelers, 2006).

Questo vuol dire che la maggior parte dei progetti di innovazione traggono beneficio dalla combinazione di queste due attività diametralmente opposte, *“pertanto la disponibilità di finanziamenti per la valorizzazione delle invenzioni universitarie non dovrebbe essere interpretata come un sostituto dei flussi di finanziamento orientati alle attività di ricerca di base, ma piuttosto come una componente aggiuntiva di un quadro di innovazione più olistico”* (Munari & Toschi, 2021).

In sintesi, è importante trovare un equilibrio tra le attività di ricerca di base e di valorizzazione commerciale, in modo da promuovere lo sviluppo di nuove idee e tecnologie e al tempo stesso assicurare che queste tecnologie siano trasferite al mercato.

Diffusione dei PoC a livello internazionale

Negli ultimi anni, i programmi *Proof-of-Concept* (PoC) hanno avuto una crescente diffusione a livello internazionale. Numerose istituzioni accademiche ed istituti di ricerca in tutto il mondo hanno implementato queste particolari soluzioni di finanziamento.

Tra le università europee è possibile citare l'*Università di Cambridge* nel Regno Unito, la *Technische Universität München* in Germania, l'*Università di Zurigo* in Svizzera, l'*Università di Uppsala* in Svezia e l'*Università di Parigi-Saclay* in Francia.

Anche in Asia, i programmi PoC sono diventati sempre più diffusi, in particolare sono stati avviati programmi PoC nell'*Università di Tokyo* in Giappone, *Peking University* e *Tsinghua University* in Cina e *National University of Singapore* a Singapore (Millen, 2015) (Krogh, Schroll, & Ettl, 2019).

Per approfondire la realtà europea dei *Proof-of-Concept*, è interessante analizzare la tipologia di programmi PoC indotta nel 2011 dall'European Research Council (ERC), con l'obiettivo di sostenere i ricercatori che hanno già ottenuto una sovvenzione ERC ad indagare ulteriormente sul potenziale commerciale e sociale delle loro idee innovative.

Il finanziamento PoC, come già visto precedentemente, copre le attività nella primissima fase di sviluppo, in modo che le invenzioni giungano ad una fase pre-dimostrativa nella quale sono state identificate opportunità di applicazione. Il finanziamento proposto dall'ERC può essere utilizzato per lo svolgimento delle seguenti attività: la conduzione di studi di fattibilità tecnica, lo sviluppo di prototipi, la conduzione di prove tecniche, la definizione di strategie di protezione della proprietà intellettuale, la valutazione della domanda di mercato e l'identificazione delle

esigenze degli utenti. Il finanziamento può, inoltre, essere allocato alla copertura delle spese iniziali necessarie alla creazione di una nuova start-up e alle attività di ricerca di ulteriori fonti di sovvenzione.

I finanziamenti PoC hanno un tetto massimo che varia a seconda dell'ente finanziatore e del paese nei quali vengono concessi. L'ERC, che è una delle principali fonti di finanziamento PoC in Europa, assegna sovvenzioni fino a € 150.000 per progetto (Munari & Toschi, 2021).

I bandi PoC promossi dall'ERC vengono pubblicati una volta all'anno e ogni *Principal Investigator* può presentare la propria candidatura per un solo progetto.

Per quanto riguarda il processo di valutazione, il progetto candidato viene valutato da un gruppo di revisori indipendenti (composto da cinque membri) sulla base di tre criteri fondamentali:

- o Eccellenza nel potenziale di innovazione: misura la capacità del progetto proposto di raggiungere le fasi iniziali della pre-commercializzazione o dell'innovazione sociale in modo efficace e di successo.
- o Impatto: analizza le possibili ricadute positive che il progetto proposto potrebbe avere sull'economia, la società, la cultura, l'ordine pubblico e i servizi.
- o Qualità ed efficienza dell'implementazione: valuta se il progetto proposto è strutturato attorno a un approccio robusto che ne mostri la fattibilità tecnica e applicativa.

Ognuno dei revisori valuta i progetti presentati assegnando un punteggio ad ogni criterio di valutazione. Per accedere al finanziamento, le proposte dovranno aver ottenuto un punteggio minimo su ciascuno dei tre criteri di valutazione. Il processo di selezione risulta rigoroso e accurato e tiene conto di diversi fattori per garantire la scelta dei progetti più promettenti ed innovativi (Munari & Toschi, 2021).

Dopo la fase di selezione, viene fornita al gruppo di ricerca una sovvenzione per dimostrare la fattibilità e il funzionamento della loro RBI. I ricercatori eseguono una prima convalida del mercato di riferimento e riferiscono costantemente i risultati al comitato di esperti che, a loro volta, forniscono feedback in modo da assicurarsi che il progetto continui a rispettare i criteri di valutazione stabiliti inizialmente (Battaglia, Paolucci, & Ughetto, 2021).

La diffusione dei programmi PoC a livello internazionale è ormai un fatto consolidato, confermato da numerose iniziative promosse da governi, organizzazioni internazionali e università in tutto il mondo, nonché da molteplici articoli e rapporti pubblicati negli ultimi anni.

Ad esempio, secondo un rapporto del 2014 della *Association of University Technology Managers* (AUTM), negli Stati Uniti il numero di centri di Proof-of-Concept presso le università è aumentato del 39% tra il 2009 e il 2013.

Inoltre, un'indagine condotta dalla *European Association of Research and Technology Organizations* (EARTO) nel 2018 ha rilevato che il 71% degli istituti di ricerca europei offre servizi di Proof-of-Concept e che il 44% ha un centro dedicato specificamente a queste attività. Un'analisi dei programmi PoC presso le università britanniche condotta dal gruppo di consulenza MTM nel 2018 ha rilevato che, nel periodo 2012-2017, questi programmi hanno generato 1,4 miliardi di sterline di investimenti aggiuntivi e hanno portato alla creazione di oltre 1.200 startup.

Infine, un articolo del 2019 chiamato “*Global trends in university-based Proof-of-Concept centers*” sulla rivista scientifica *Technovation* ha analizzato i trend globali dei centri di Proof-of-Concept basati nelle università. Secondo questo articolo, ci sono circa 140 centri di PoC in tutto il mondo e il loro numero è in costante aumento.

Possiamo affermare che la diffusione dei programmi PoC a livello internazionale ha contribuito a creare una maggiore consapevolezza dell'importanza di questi strumenti e di quanto sia rilevante il Trasferimento Tecnologico Università-Industria per la crescita economica e lo sviluppo degli ecosistemi.

Centri PoC e determinanti del successo

Dopo aver ampiamente discusso dei programmi di *Proof-of-Concept*, è necessario porre l'accento sui cosiddetti “Centri PoC”, ovvero delle strutture create all'interno delle università o nei centri di ricerca che hanno l'obiettivo di facilitare la commercializzazione della ricerca universitaria tramite programmi PoC.

Due importanti esempi di istituzioni dedite a ciò sono il *Deshpande Center* del Massachusetts Institute of Technology (MIT) e il *Von Liebig Center* dell'Università della California di San Diego (UCSD). Entrambi questi centri sono stati esaminati da Christine Gulbranson e David Audretsch nell'articolo scientifico “*Proof-of-Concept centers: accelerating the commercialization of university innovation*”.

L'articolo si pone come obiettivo principale quello di fornire una panoramica di come le due istituzioni agiscano per raggiungere i medesimi obiettivi e porre l'accento sulle sostanziali differenze che li caratterizzano.

Per “*accelerare la commercializzazione delle innovazioni UCSD nel mercato, promuovere e facilitare lo scambio di idee tra l'università e l'industria e preparare gli studenti di ingegneria per il posto di lavoro imprenditoriale*” (Gulbranson & Audretsch, 2008) il Von Liebig Center utilizza tre approcci complementari:

- Finanziamenti iniziali (da \$ 15.000 fino a \$ 75.000): sovvenzioni non utilizzati per la ricerca di base, bensì per valutare il potenziale commerciale del progetto.
- Servizi di consulenza: al Centro lavorano consulenti che posseggono una notevole esperienza in start-up e iniziative tecnologiche che, grazie anche ai loro innumerevoli collegamenti con aziende locali e fonti di finanziamento esterne, rappresentano un grande valore aggiunto per tutti i team di ricerca coinvolti.
- Programmi educativi: suddivisi in corsi, lezioni, seminari e conferenze, tali strumenti aiutano ad aumentare i livelli di consapevolezza, istruzione e familiarità degli studenti con questioni pratiche e rilevanti relative alla commercializzazione dei progetti di ricerca accademica.

Il Deshpande Center, avente la missione di aumentare l’impatto delle tecnologie MIT sul mercato, assegna due tipi di sovvenzioni (organizzate in due *round* ogni anno):

- *Ignition Grants* (fino a \$ 50.000): destinati a quei progetti relativi a tecnologie ai primi stadi di sviluppo;
- *Innovation Grants* (fino a \$ 250.000): destinati a progetti relativi a tecnologie con livello di maturità intermedi, in modo da permettere il loro pieno sviluppo.

Un comitato multidisciplinare selezionato all'interno dell'Istituto valuta tutte le candidature. Dopo aver avuto valutazione positiva, ad ognuno dei candidati selezionati viene assegnato un vero e proprio mentore (chiamato catalizzatore) che fornisce tutoraggio e assistenza ai team di ricerca del MIT. Inoltre, il centro ospita eventi informali che promuovono lo scambio di idee e la formazione di nuove collaborazioni tra i beneficiari dei finanziamenti (Gulbranson & Audretsch, 2008).

Dall’analisi effettuata da Christine Gulbranson e David Audretsch si evidenzia come entrambi i Centri traggano vantaggio dall'ubicazione presso università che da sempre si distinguono per l’eccellente attività di ricerca e per i loro collegamenti solidi con le reti di *Angel Investor* e *Venture Capitalist*.

Inoltre, è importante riconoscere che la forza di ambedue le istituzioni deriva dalla combinazione di finanziamenti iniziali con servizi di consulenza ed iniziative educative che risultano cruciali per il successo delle tecnologie partecipanti.

È, inoltre, fondamentale che i beneficiari dei finanziamenti siano inseriti in una rete sociale forte e ben strutturata nella comunità circostante che includa consulenti esperti, *Angel Investor*, *Venture Capitalist* e aziende interessate all'innovazione.

Tenendo presenti queste considerazioni, risulta evidente che esistano un certo numero di località più adatte ad ospitare istituzioni di questo tipo ma, indipendentemente dall'ubicazione del Centro, il suo successo sarà sempre determinato dalla forza del suo personale e dall'infrastruttura sociale circostante (Gulbranson & Audretsch, 2008).

L'articolo "*Opening the black box of university Proof-of-Concept programs: Project and team-based determinants of research commercialization outcomes*" di Battaglia D., Paolucci E. ed Ughetto E. analizza i fattori, interni ed esterni, che determinano il successo di un PoC.

Le "determinanti esterne" sono:

- Esperienza e numero di membri che compongono il TTO: uno staff esperto può garantire competenza nella valutazione, secondo una prospettiva industriale, delle RBI e può fungere da ponte tra ambiente accademico e industriale;
- Dimensione e qualità della ricerca universitaria;
- Propensione alla centralizzazione/decentralizzazione dei programmi PoC.

Le "determinanti interne" risultano invece essere:

- Caratteristiche tecnologiche della RBI (tipologia e livello di maturità della tecnologia partecipante al programma di PoC);
- Caratteristiche umane: eterogeneità, numero di partecipanti, età media ed intenzione (ex-ante) di fondare uno spin-off da parte del team partecipante al programma.

I risultati derivanti dall'analisi evidenziano come gli attributi del progetto siano diversamente associati agli esiti della commercializzazione. In particolare tre requisiti sono stati ritenuti necessari per il successo di un progetto partecipante ad un programma PoC: RBI ingegneristico, un TRL dell'invenzione sufficientemente alto (tra 4 e 5) e l'intenzione (ex-ante la partecipazione al programma di PoC) del gruppo di ricerca di fondare uno spin-off. Come riportato

nell'articolo: “*Se queste condizioni sono soddisfatte, gli spin-off possono nascere in quattro diverse configurazioni, in cui si combinano l'età, la dimensione e l'eterogeneità di background del gruppo di ricerca*” (Battaglia, Paolucci, & Ughetto, 2021).

In questo contesto occorre porre attenzione al concetto di “successo” dei progetti partecipati al programma di *Proof-of-Concept*. Tale definizione risulta abbastanza vaga per questa particolare tipologia di finanziamenti. Può risultare, infatti, fuorviante valutare l'efficacia dei PoC guardando solo ai risultati immediati del Trasferimento Tecnologico (come la creazione di spin-off), trascurando quindi ulteriori miglioramenti tecnologici e la mole di apprendimento acquisita dai soggetti accademici dalla partecipazione al programma PoC.

La tesi proposta contribuisce alla letteratura esistente, dimostrando che l'adesione ai programmi PoC non rappresenta una minaccia per la carriera accademica dei soggetti universitari. Verrà quindi proposta una differente visione dei programmi *Proof-of-Concept* permettendo una valutazione più completa sulla loro efficacia e sui loro effetti a lungo termine.

METODOLOGIA E RACCOLTA DATI

Raccolta e organizzazione dei dati

Al fine di valutare l'impatto dei programmi *Proof-of-Concept* sulla carriera accademica dei soggetti universitari è stata effettuata un'importante raccolta dati utilizzando diverse fonti. Tutte le informazioni che sono state acquisite si riferiscono ai progetti presentati e ai 576 soggetti che hanno effettuato almeno una richiesta di finanziamento ai programmi PoC promossi da parte del Politecnico di Torino e dalla Fondazione Compagnia di San Paolo tra il 2016 ed il 2021. In particolare, le principali fonti utilizzate sono state:

- Sito web “Scopus”: ovvero una base di dati bibliografici e di citazioni, nonché un portale contenente una vasta gamma di contenuti accademici, tra cui articoli, libri, conferenze e brevetti, provenienti da oltre 5.000 editori e società scientifiche in tutto il mondo (Scopus, s.d.). Grazie a tale sito si è avuto accesso ad alcuni degli indicatori accademici più importanti per soggetti analizzati, ovvero l'*H-index* ed il numero di citazioni e di pubblicazioni effettuate durante la loro carriera.
- Sito web personale di ogni soggetto: soprattutto per i professori universitari, ma anche per tutti coloro i quali siano, in qualche modo, legati al mondo accademico, è stato essenziale consultare la pagina personale dell'ateneo di riferimento. Da lì è stato possibile ricavare molteplici informazioni personali tra cui lo sviluppo della carriera accademica, le esperienze nel mondo della ricerca, il settore disciplinare e le varie attività extracurricolari svolte. Per alcuni soggetti è stata decisiva, inoltre, la consultazione della rispettiva pagina LinkedIn per riuscire ad ottenere un quadro completo in termini di esperienze lavorative passate e formazione.
- Documenti presentati per le richieste di partecipazione ai programmi PoC promossi dalla collaborazione tra Politecnico di Torino e Fondazione Compagnia di San Paolo tra il 2016 ed il 2021. Tra i file più significativi ed utili per la nostra tesi troviamo:
 - Curriculum Vitae di ognuno dei membri del gruppo di ricerca aggiornati all'anno di application a quel determinato programma PoC: utilizzati per ottenere informazioni di contatto, accademiche ed extracurricolari supplementari. Tale pratica è stata necessaria per tutti quei soggetti di cui disponevamo di poche informazioni dalle fonti precedentemente descritte;
 - Domanda di partecipazione ai programmi PoC: documento ricco di informazioni relative al progetto di ricerca. Tra queste spiccano il titolo del brevetto, la categoria al quale esso appartiene, la lista delle persone appartenenti al gruppo di progetto con

rispettivi incarichi (responsabili del progetto o inventori della tecnologia) e qualifiche e le possibili applicazioni della tecnologia oggetto della domanda.

Inoltre, sempre tramite questo documento, è stato possibile ricavare l'analisi e la descrizione dei requisiti e delle specifiche, il livello TRL di partenza e quello che si intende raggiungere al termine del progetto, le fasi della realizzazione del prototipo (divise per attività e indicandone le *milestones*), il piano di testing con i risultati attesi, il *Diagramma di Gantt* indicante le tempistiche previste per lo sviluppo della tecnologia e l'intenzione del gruppo di ricerca relativa al voler o meno avviare una società di spin-off ex-ante la partecipazione al programma.

Tutte le fonti sopracitate sono state analizzate attentamente, cercando di individuare tutte le informazioni utili per la descrizione e la contestualizzazione dei programmi PoC considerati. Ogni dato ricavato è stato selezionato con cura per garantire l'affidabilità e la pertinenza per il tema in questione. Grazie a questa metodologia di ricerca accurata, è stato possibile ottenere un database in Excel contenente tutti i dati necessari per analizzare l'impatto dei programmi *Proof-of-Concept* sulla carriera di ognuno dei singoli soggetti partecipanti. La creazione del database è avvenuta attraverso un processo ricorsivo e scrupoloso che ha permesso di ottenere, successivamente, un'analisi veritiera e dettagliata.

Costruzione del database Excel e analisi descrittiva

La realizzazione del database è stata un'attività dispendiosa e complessa, per tale motivo è stato deciso di dedicare un sotto-capitolo specifico alla descrizione dettagliata della costruzione della base dati e della sua analisi descrittiva. Ciò consentirà ai lettori di comprendere appieno l'importanza della fase di raccolta ed organizzazione dei dati, nonché di apprezzare il livello di cure e attenzione dedicati alla realizzazione dell'analisi. Inoltre, grazie alla descrizione dettagliata del processo sarà possibile replicare lo studio in futuro e verificarne i risultati ottenuti. Il database è diviso in 4 macro-aree coincidenti con i 4 "fogli" di cui l'Excel è composto, ovvero: Progetti, Spin-off, Membri del Team e Brevetti. Ciascuna di queste aree contiene le informazioni relative ai rispettivi titoli di sezione. La tesi proposta ha utilizzato principalmente i dati relativi ai "Membri del team", per tale motivo ci soffermeremo su quest'ultima. Tale sezione è così strutturata: ogni riga corrisponde ad un soggetto (per un totale di 576 righe) ed ogni colonna coincide ad una variabile e descrive una caratteristica ben precisa del soggetto in questione (56 colonne totali).

Segue un'analisi descrittiva approfondita delle varie informazioni raccolte.

Le prime colonne che compongono la sezione del database si riferiscono ai dati personali dei soggetti e derivano dall'analisi dei Curriculum Vitae e delle varie Domande di partecipazione ai programmi PoC. Le informazioni definite sono:

- Nome e cognome;
- Data di Nascita;
- Nazionalità;
- Genere;
- Indirizzo mail;
- Università di appartenenza: l'analisi è stata effettuata tenendo in considerazione cinque istituti principali, ovvero il Politecnico di Torino, l'Università degli Studi di Torino, l'Università del Piemonte Orientale, l'Università Federico II di Napoli e l'Università degli Studi di Genova;
- Altra Università: tale colonna del database è stata popolata soltanto quando il soggetto apparteneva ad un istituto differente dai cinque principali sopracitati;
- Dipartimento di afferenza;
- Settore scientifico disciplinare: informazione ricavata principalmente dalle pagine web dell'ateneo di appartenenza associate ai vari soggetti.

Sono state raccolte ulteriori informazioni relative ai soggetti analizzati ed alle rispettive richieste di finanziamento Proof-of-Concept effettuate, ovvero:

- Anno di prima application a programma PoC: l'anno nel quale il soggetto ha effettuato la prima richiesta ad un programma PoC;
- Anno ottenimento primo finanziamento PoC: l'anno nel quale il soggetto ha ottenuto il primo finanziamento di tipo PoC. Nel caso in cui il soggetto non abbia mai ottenuto un finanziamento di questo tipo, si è deciso di lasciare il campo "missing". È importante notare che l'anno di prima application e l'anno di ottenimento primo finanziamento PoC possono coincidere. Questo, infatti, è il caso in cui il soggetto applica per la prima volta e ottiene subito il finanziamento;
- Qualifica anno di prima application: definisce la qualifica ricoperta dal soggetto all'anno in cui ha richiesto il primo finanziamento PoC.
- Qualifica al 31/12/2022: definisce la qualifica attuale (o almeno la più recente) del soggetto;

Si è reputato opportuno, inoltre, inserire nella base dati due variabili capaci di definire il ruolo dei soggetti all'interno dei vari progetti PoC presentati:

- P. I. in almeno un progetto PoC: variabile booleana che indica se il membro del team ha ricoperto il ruolo di *Principal Investigator* in almeno uno dei progetti presentati ai programmi PoC;
- Inventore della tecnologia in almeno un progetto PoC: definisce se il soggetto risulta essere inventore della tecnologia in almeno uno dei progetti partecipanti al programma PoC.

L'esperienza del soggetto, sia essa legata al mondo dell'Industria, all'Accademia o a entrambi, è una delle discriminanti che possono influenzare il successo di un progetto di ricerca. Per questo motivo sono state inserite delle variabili che permettono di analizzare i vari membri del team in tal senso, tra cui:

- Esperienza anno prima application: variabile usata per definire se il soggetto, all'anno di prima application del PoC, ha esperienza nel mondo dell'Industria, dell'Accademia o entrambi. È stata, inoltre, gestita la casistica per cui il soggetto non ha alcuna esperienza nei settori indicati precedentemente;

Se il soggetto in questione dovesse avere esperienza nell'Industria o nel mondo Accademico, tale caratteristica è stata misurata quantitativamente attraverso:

- Numero anni esperienza in Accademia nell'anno di prima application;
- Numero anni esperienza nell'Industria nell'anno di prima application;

Lo stesso ragionamento è stato effettuato per descrivere l'esperienza del soggetto nell'anno di ottenimento del primo finanziamento. Si è, quindi, deciso di inserire nel database le variabili seguenti:

- Esperienza anno ottenimento primo finanziamento PoC;
- Numero anni esperienza in Accademia nell'anno di ottenimento primo finanziamento PoC;
- Numero anni esperienza nell'Industria nell'anno di ottenimento primo finanziamento PoC.

Tutte queste variabili relative all'esperienza dei soggetti sono state popolate utilizzando come fonte principale i Curriculum Vitae inclusi nella documentazione delle richieste ai programmi PoC considerati.

Come già discusso nel capitolo relativo alla Letteratura (cap.2), uno degli indicatori più utilizzati per valutare la carriera accademica degli studiosi è il numero di citazioni. Oltre questo, anche l'H-Index, il numero di pubblicazioni e il numero di progetti di ricerca effettuati ricoprono un ruolo fondamentale per contestualizzare la carriera nel mondo accademico di un

determinato individuo. In tal senso, sono state inserite variabili che hanno permesso di costruire un quadro completo delle performance accademiche dei soggetti ex-ante e ex-post la richiesta di partecipazione (ed eventuale ottenimento) ai programmi PoC, tra cui:

- H-Index: ovvero un indice bibliometrico il cui valore indica quanti articoli del soggetto analizzato hanno ricevuto almeno “*H*” pubblicazioni. Tale informazione, esattamente come tutte quelle relative alle citazioni, è stata reperita dal sito *Scopus*;
- Anno di prima pubblicazione: anno relativo alla primissima pubblicazione effettuata dal membro del team di ricerca. Informazione ricavata dal grafico “*Document & citation trends*” consultabile nella pagina personale *Scopus* di ogni soggetto;
- Numero di citazioni 5 anni prima del PoC;
- Numero di citazioni 3 anni prima del PoC;
- Numero di citazioni all’epoca del PoC;
- Numero di citazioni dopo 3 anni dal PoC;
- Numero di citazioni dopo 5 anni dal PoC.

È importante specificare che l’anno di riferimento che è stato utilizzato per il calcolo del numero di citazioni di ogni individuo ha seguito due regole fondamentali:

1. Per i soggetti che hanno ottenuto almeno un finanziamento PoC si è considerato come anno di riferimento quello in cui si è conseguito il primo finanziamento;
2. Per i soggetti che non hanno mai ottenuto un finanziamento, si è invece considerato come anno di riferimento quello di prima application ad un programma Poc.

Per tutti quei soggetti per cui non sono ancora trascorsi gli anni considerati per l’osservazione delle citazioni, si è momentaneamente lasciato il campo “*missing*” (verrà aggiornato in futuro).

Per ciò che concerne i progetti di ricerca, invece, sono stati suddivisi in due tipologie:

- a. Progetti di ricerca commerciali: ovvero tutte quelle iniziative di ricerca finanziate e sostenute da aziende o organizzazioni private finalizzate a sviluppare nuove tecnologie, prodotti o servizi che possano avere un impatto sul mercato e generare profitto per l’azienda stessa. Si è, inoltre, deciso di classificare all’interno del database questa tipologia di progetti in: progetti di consulenza, progetti di ricerca commerciale, altri progetti commerciali.
- b. Progetti di ricerca competitivi: ovvero tutte quelle iniziative di ricerca finanziate da organizzazioni pubbliche o private che utilizzano un processo di selezione basato sulla concorrenza tra i candidati. Tale tipologia di progetto di ricerca è

stata successivamente classificata all'interno del database in: progetti finanziati da enti privati/fondazioni, progetti nazionali, regionali, europei e altri progetti competitivi.

La base dati è stata popolata da tutte le informazioni relative ai progetti di ricerca effettuati nei 5 anni precedenti (denominati “*Progetti pre-PoC*”) e nei 5 anni successivi al PoC (denominati “*Progetti post-PoC*”) per ogni categoria e sottocategoria descritta precedentemente.

Per quanto concerne la definizione di progetto “*pre-PoC*” o “*post-PoC*” in base al periodo considerato è stata necessaria un’assunzione, in quanto solitamente tali progetti si svolgono su un periodo temporale superiore ad un anno. Al fine di rendere più chiara l’interpretazione di tale assunzione, si riporta lo schema seguente (figura 1):

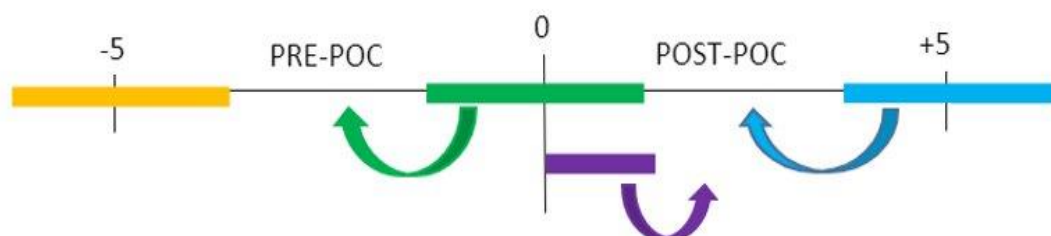


Figura 1 - Metodo per determinare l'anno di riferimento

L'anno di riferimento (anno 0 in figura) è stato determinato con le stesse due regole utilizzate per il numero di citazioni e descritte precedentemente. Se il progetto di ricerca ha data di inizio al di fuori del periodo di riferimento [-5; +5] e termina all'interno di quest'ultimo: il progetto non è stato considerato (caso segmento giallo in figura); se, invece, il progetto di ricerca ha data di inizio precedente all'anno di riferimento ma termina successivamente a quest'ultimo: il progetto è stato classificato come “*pre-PoC*” (caso segmento verde in figura).

Se il progetto di ricerca ha data di inizio che coincide con l'anno di riferimento: il progetto è stato classificato come “*post-PoC*” (caso segmento viola in figura);

Se il progetto di ricerca ha data di inizio successiva all'anno di riferimento: il progetto è stato considerato “*post-PoC*” (caso segmento azzurro in figura).

Dalle informazioni presenti nella base dati descritta in precedenza, è stato generato un dataset contenente tutte i dati necessari per condurre le analisi dettagliate nel capitolo successivo.

Le variabili che compongono tale dataset sono:

- Numero di citazioni 5 anni prima del PoC;
- Numero di citazioni 3 anni prima del PoC;
- Numero di citazioni all'epoca del PoC;
- Numero di citazioni dopo 3 anni dal PoC;
- Numero di citazioni dopo 5 anni dal PoC;
- Numero progetti di ricerca competitivi nei 5 anni antecedenti al PoC;
- Numero progetti di ricerca competitivi nei 5 anni successivi al PoC;
- Numero progetti di ricerca commerciali nei 5 anni antecedenti al PoC;
- Numero progetti di ricerca commerciali nei 5 anni successivi al PoC.

ANALISI DEI DATI E RISULTATI

Analisi della tendenza centrale

Avendo a disposizione una mole non indifferente di dati (576 soggetti totali), si è deciso, inizialmente, di effettuare la cosiddetta analisi della tendenza centrale, ovvero una disamina che utilizza la media come valore rappresentativo di tutte le informazioni raccolte.

Tale tipologia di studio è stata condotta sia per il numero di citazioni che per il numero di progetti di ricerca effettuati prima e dopo l'ottenimento del finanziamento PoC.

Sono state utilizzate, quindi, tutte le variabili presenti nel dataset descritto precedentemente.

Inoltre, sono stati considerati soltanto i soggetti che hanno ottenuto almeno un primo finanziamento e che hanno effettuato application per il PoC nel periodo compreso tra il 2016 ed il 2021 (per un totale di 418 soggetti).

Per quanto concerne l'analisi del numero di citazioni, sono stati presi in considerazione tutti quei soggetti per cui la variabile "Numero di citazioni dopo 3 anni dal PoC" sia diversa da zero e da "missing" (per un totale di 142 soggetti).

La principale assunzione che è stata fatta è quella di considerare che, in tutti quei casi in cui non siano ancora trascorsi cinque anni dall'ottenimento del PoC (ossia per coloro i quali abbiano ottenuto il finanziamento nel 2018 e nel 2020), il numero di citazioni 5 anni dopo l'ottenimento del finanziamento sia pari al numero di citazioni 3 anni dopo lo stesso. Tale ipotesi costituisce un presupposto fondamentale per l'analisi condotta, in quanto consente di effettuare un adeguato confronto anche con i dati più recenti.

Tuttavia, è importante ricordare che tale assunzione potrebbe influire sui risultati dell'analisi in questione, andando, nello specifico, ad alterare positivamente o negativamente la variabile "Numero di citazioni dopo 5 anni dal PoC".

I risultati ottenuti da questa prima analisi relativa al numero medio di citazioni sono stati racchiusi nel grafico a linee (*figura 2*) visualizzabile nella pagina seguente.

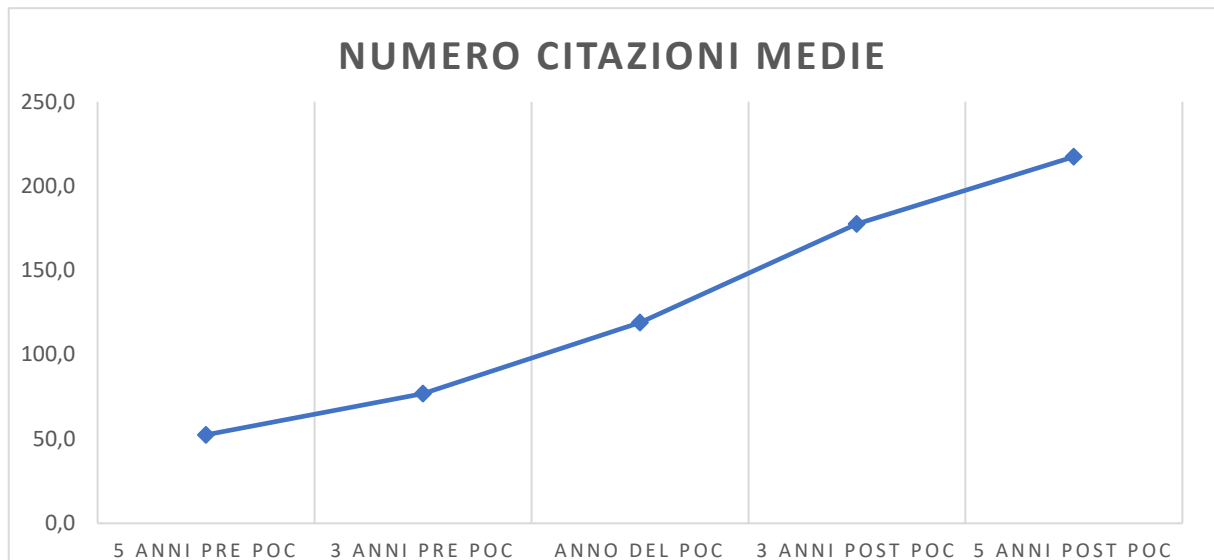


Figura 2- Analisi della tendenza centrale - Numero citazioni medie

Tale grafico rappresenta l'andamento del numero medio di citazioni per il periodo che va da 5 anni prima dell'ottenimento del PoC fino a 5 anni dopo l'ottenimento dello stesso.

È interessante notare come il trend risulta essere crescente sia negli anni precedenti che negli anni successivi al finanziamento. In particolar modo il numero medio di citazioni trovato è pari a **52,5** e **76,9** rispettivamente nei cinque e tre anni precedenti all'ottenimento del PoC, fino ad arrivare a **119** nell'anno effettivo di conseguimento del finanziamento. Il valore diventa significativo nei tre e cinque anni successivi al PoC, dove viene registrato un numero medio di citazioni rispettivamente pari a **177,4** e **217,4**.

A fronte di tali risultati si possono fare diverse considerazioni:

- L'ottenimento del finanziamento PoC sembra aver contribuito ad aumentare il numero di citazioni: se il numero di citazioni è aumentato dopo l'ottenimento del PoC, questo potrebbe suggerire che il finanziamento abbia avuto un impatto positivo sulla rilevanza della ricerca di ogni soggetto e sull'interesse della comunità scientifica.
- La ricerca di ogni soggetto potrebbe già essere stata rilevante prima dell'ottenimento del PoC: se il numero di citazioni stava già aumentando prima dell'ottenimento del finanziamento, ciò potrebbe indicare che la ricerca di ogni individuo fosse già rilevante e di interesse per la comunità scientifica prima che il PoC fosse stato raggiunto e, quindi, non dipendesse dallo stesso. A supporto di ciò è importante evidenziare come l'incremento del numero medio di citazioni in termini percentuali sia pressoché uguale nel periodo preso in esame.

- Potrebbero essere necessari ulteriori studi per comprendere appieno l'impatto del PoC: sebbene l'aumento del numero di citazioni sia positivo, potrebbero essere necessari ulteriori studi per capire esattamente l'impatto del PoC sulla ricerca di ogni individuo e, più in generale, sulla loro carriera. Inoltre, potrebbe essere utile valutare altri indicatori di impatto, quali il numero di collaborazioni con altri ricercatori o l'interesse di finanziatori o investitori.

Come anticipato precedentemente, l'analisi della tendenza centrale è stata effettuata anche per i progetti di ricerca effettuati da ogni soggetto durante i cinque anni antecedenti e conseguenti l'ottenimento del PoC. L'analisi è stata condotta prendendo in considerazione tutti quegli individui che hanno effettuato almeno un progetto di ricerca nei cinque anni successivi al finanziamento (per un totale di 120 e 118 soggetti, rispettivamente per i progetti di ricerca competitivi e per quelli commerciali).

L'unica assunzione che è stata fatta riguarda il numero di progetti di ricerca effettuati nei cinque anni precedenti al PoC, quando tale informazione non era disponibile (missing), a causa di dati mancanti o informazioni non reperibili. In questi casi, si è deciso di popolare la variabile con il valore zero. I risultati ottenuti da questa analisi sono racchiusi nei seguenti grafici a colonne raggruppate (*figura 3 e 4*).

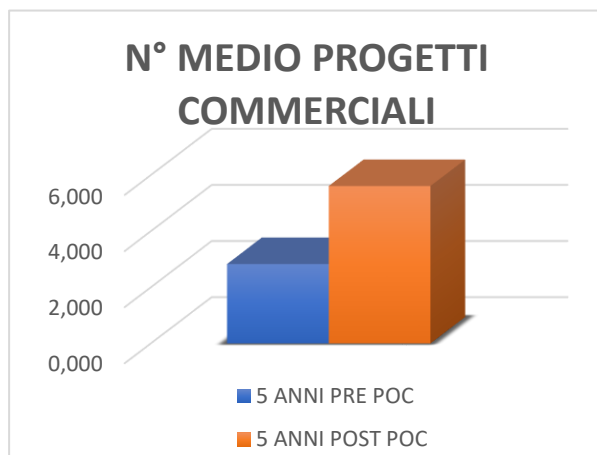


Figura 4 - Analisi della tendenza centrale - n° medio progetti commerciali

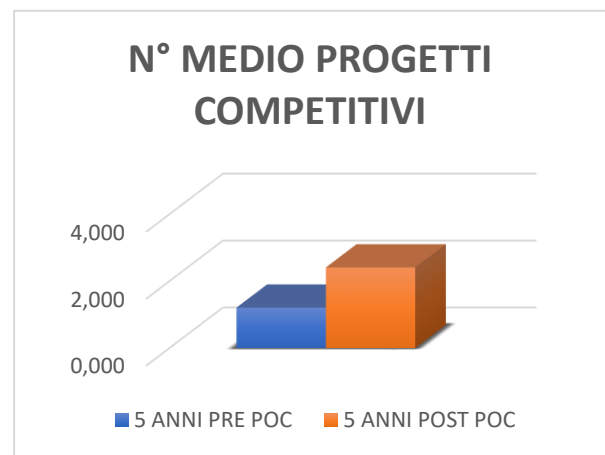


Figura 3 - Analisi della tendenza centrale - n° medio progetti competitivi

Il numero medio dei progetti di ricerca commerciali effettuati da ogni soggetto è passato da **2,831** a **5,610**, registrando un aumento del 98,2% dopo l'ottenimento del PoC.

Il numero medio di progetti di ricerca competitivi, invece, è aumentato del 99,31%, passando da **1,208** a **2,408**.

A fronte di tali risultati si nota come il numero medio di progetti di ricerca (sia commerciali che competitivi) effettuati nei cinque anni successivi al finanziamento sia significativamente maggiore. L'analisi dei dati, quindi, potrebbe suggerire che l'ottenimento del PoC abbia avuto un impatto positivo sull'attività di ricerca dei soggetti considerati e, di conseguenza, sulla loro carriera accademica. Tuttavia, ci sono alcuni limiti che caratterizzano l'analisi effettuata che non vanno trascurati:

1. La ricerca è stata condotta su un campione limitato di individui, che potrebbe non essere rappresentativo dell'intera popolazione di soggetti coinvolti nei progetti di ricerca;
2. I dati relativi ai progetti di ricerca sono stati ricavati da diverse fonti (pagine web di Università o Istituti di Ricerca, Curriculum vitae) che potrebbero non essere aggiornate;
3. L'analisi si basa sul valore medio, dunque è importante considerare la presenza di valori anomali o di *outlier* nei dati. Entrambi possono influire notevolmente sulla media e renderla non rappresentativa dei dati;
4. Non è chiaro se l'aumento del numero medio di progetti di ricerca sia dovuto esclusivamente al PoC. Potrebbero esserci altri fattori esterni coinvolti, come cambiamenti nella politica di finanziamento o nei requisiti di accreditamento, che vanno valutati.

Tali limiti, insieme alla consapevolezza che l'incremento registrato dall'analisi è relativo alla quantità dei progetti di ricerca (e non necessariamente all'aspetto qualitativo di questi), ci impediscono di trarre conclusioni definitive sulla positività dell'impatto dei finanziamenti PoC sulla carriera accademica dei soggetti studiati.

Analisi specifica della tendenza centrale: come alcune variabili influenzano il fenomeno in studio

Successivamente, è stata effettuata una disamina più specifica includendo soltanto i soggetti che presentavano determinate caratteristiche, come per esempio: una determinata qualifica, range di età, università di appartenenza o anno di ottenimento del finanziamento PoC. L'obiettivo di questa ulteriore analisi è stato quello di valutare se le variabili appena menzionate fossero significative e se esistessero correlazioni o associazioni tra queste ed i risultati trovati, al fine di determinare il loro impatto sull'obiettivo di ricerca.

A seguire, saranno presentati i risultati più rilevanti ottenuti.

Per quanto riguarda la variabile "Qualifica del soggetto", si sono registrati aumenti significativi nel numero medio di progetti di ricerca effettuati tra i *Professori Associati*.

In particolare, sono stati analizzati tutti quei professori associati ai quali è attribuito almeno un progetto di ricerca nei cinque anni successivi all'ottenimento del PoC (per un totale di 42 soggetti) e si è visto come il numero medio di progetti competitivi è aumentato del 259,25% (passando da **0,67** a **2,42**), mentre la media dei progetti commerciali ha avuto un incremento del 116,1% (passando da **2,81** a **6,071**).

Riguardo tale analisi, è importante menzionare anche la qualifica del *Ricercatore*. Per tale variabile sono stati analizzati un totale di 25 soggetti per determinare come il numero medio di progetti di ricerca commerciale abbia subito un incremento post-finanziamento del 478% (passando da **0,96** a **5,542**).

Per quanto concerne la variabile “Anno ottenimento primo finanziamento PoC”, è stato registrato un andamento particolarmente crescente del numero medio di citazioni per tutti quei soggetti che hanno conseguito il PoC nel 2016. Analizzando un totale di 45 soggetti, i risultati trovati sono stati racchiusi nel grafico a linee sottostante.

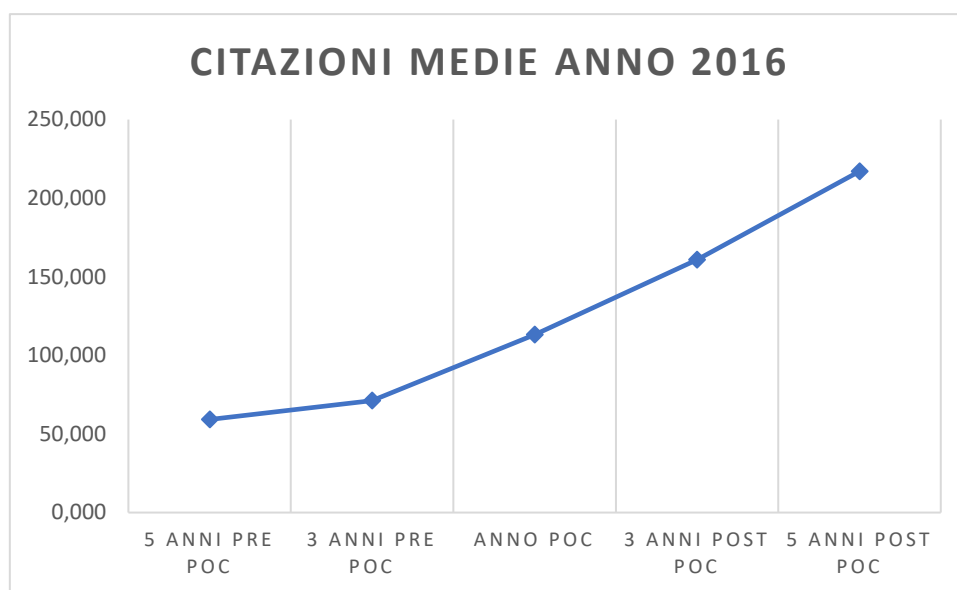


Figura 5 -Analisi della tendenza centrale – Citazioni medie anno di riferimento 2016

È evidente come l'incremento percentuale risulti maggiore negli anni appena precedenti e successivi all'ottenimento del finanziamento. In particolare, il numero medio di citazioni trovato è pari a **59,2** e **71,2** rispettivamente nei cinque e tre anni precedenti all'ottenimento del PoC (+20,27%), fino ad arrivare a **113,1** (+58,9%) nell'anno effettivo di conseguimento del finanziamento. Il valore diventa significativo nei tre e cinque anni successivi al PoC, dove viene registrato un numero medio di citazioni rispettivamente pari a **160,8** e **217,1** (per un totale incremento del 266,7 % rispetto al valore iniziale ottenuto cinque anni prima del PoC).

Sempre riguardo tale variabile, è interessante evidenziare come il numero medio di progetti di ricerca commerciali aumenti per tutti quei soggetti che hanno ottenuto il PoC nel 2017. Analizzando un totale di 26 soggetti, si è visto come tale valore è aumentato del 118,75%, passando da **1,39** (pre-PoC) a **3,04** (post-PoC).

Infine, altro anno di conseguimento del finanziamento in cui avviene un incremento notevole del numero medio di progetti di ricerca (in particolare di quelli competitivi) è il 2020. Qui, a fronte di un numero totale di soggetti analizzati pari a 42, è stato rilevato un aumento del 148,7%, con il valore medio che è passato da **1** (pre-PoC) a **2,48** (post-PoC).

L'analisi specifica è stata effettuata anche in base all'età attuale dei vari individui. In particolare, il range di età con i risultati più significativi è quello relativo ai 35-50 anni. Qui, a fronte di un numero totale di soggetti analizzati pari a 24, è stato rilevato un incremento del 472,22% e del 300% rispettivamente per il numero medio di progetti di ricerca commerciali e competitivi. Per la prima tipologia di progetti il valore medio è passato da **0,81** (pre-PoC) a **4,68** (post-PoC), mentre per la seconda tipologia da **0,45** (pre-PoC) a **1,83** (post-PoC).

Altra disamina specifica da evidenziare è quella relativa all'università di appartenenza dei soggetti considerati. Il valore di tale variabile che più di tutti ha rilevato un aumento significativo nel numero di progetti di ricerca effettuati è il "Politecnico di Torino".

Analizzando un totale di 105 soggetti per i progetti commerciali e 97 soggetti per quelli competitivi, si è visto che:

- Il numero medio di progetti di ricerca commerciali effettuati dai soggetti appartenenti al Politecnico di Torino è passato da **2,61** (pre-PoC) a **5,88** (post-PoC), registrando un incremento percentuale del 125,5%.
- Il numero medio di progetti di ricerca competitivi effettuati dai soggetti appartenenti al Politecnico di Torino è passato da **1,20** (pre-PoC) a **2,49** (post-PoC), registrando un incremento percentuale del 106,8%.

L'ultima analisi specifica che ha prodotto risultati significativi è quella effettuata attraverso l'utilizzo della variabile "Categoria tecnologica". Essa, contenuta nella sezione di database "Progetti", identifica la categoria tecnologica al quale appartiene il progetto per il quale è stato ottenuto il PoC (ICT, Energia, Architettura, Meccanica, ecc.). In tale disamina specifica si è visto come l'incremento percentuale maggiore in termini di numero medio di citazioni appartenga a tutti quei soggetti che hanno ottenuto un finanziamento per progetti associabili alla categoria tecnologica "Biomedicale, Chimica". In particolare, in questo specifico caso il numero medio di citazioni trovato è pari a **69,4** e **91,1** rispettivamente nei cinque e tre anni

precedenti all'ottenimento del PoC (+31,2%), fino ad arrivare a **155,75** (+70,9%) nell'anno effettivo di conseguimento del finanziamento. Il valore diventa significativo nei tre e cinque anni successivi al PoC, dove viene registrato un numero medio di citazioni rispettivamente pari a **236,2** e **293,1** (per un totale incremento del 322,1 % rispetto al valore iniziale ottenuto cinque anni prima del PoC). Il grafico a linee sottostante (*figura 6*) descrive l'analisi appena descritta.

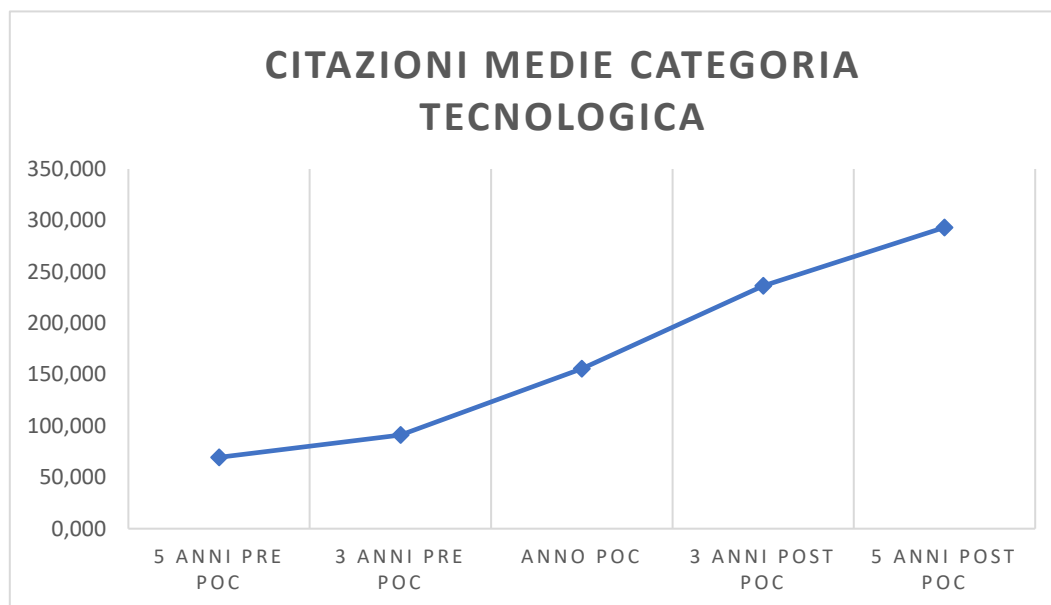


Figura 6 - Analisi della tendenza centrale - Citazioni medie per soggetti associabili a progetti di categoria tecnologica "Biomedicale, Chimica"

Tutti i risultati ottenuti nell'analisi specifica della tendenza centrale sono coerenti con quelli riscontrati nell'analisi generale effettuata precedentemente, in particolare riguardo alla tendenza positiva del numero medio di citazioni e progetti di ricerca commerciali e competitivi effettuati successivamente al PoC. Tuttavia, esattamente come la prima analisi, quest'ulteriore disamina presenta le stesse criticità descritte nel paragrafo precedente che ci impediscono di trarre conclusioni definitive sulla positività dell'impatto dei PoC sulla carriera accademica dei soggetti studiati. Al fine di rendere più robusta ed affidabile la tesi, verrà condotta una diversa tipologia di analisi statistica che verrà descritta nel paragrafo successivo.

Analisi della varianza (ANOVA) del CAGR

Dopo aver effettuato l'analisi della tendenza centrale, è emersa la necessità di integrarla con un'ulteriore disamina statistica di tipologia differente.

Si è deciso così di utilizzare la cosiddetta ANOVA (Analysis of Variance) per studiare il CAGR (Compound Annual Growth Rate) relativo al numero di citazioni nei tre anni precedenti e successivi all'ottenimento del PoC, restringendo quindi il range temporale dell'analisi. Tale restrizione è stata effettuata principalmente per poter eseguire la disamina su un numero adeguato di soggetti (riuscendo così a considerare anche quelli con anno di riferimento pari al 2020).

Le variabili del dataset utilizzate in tale analisi sono:

- Numero di citazioni 3 anni prima del PoC;
- Numero di citazioni all'epoca del PoC;
- Numero di citazioni dopo 3 anni dal PoC.

Inoltre, al fine di preservare l'accuratezza dell'analisi, sono stati esclusi tutti quei soggetti che hanno conseguito (o richiesto) per la prima volta un finanziamento PoC nel 2021 (non potendo in alcun modo ricavare o approssimare adeguatamente il numero di citazioni effettuate nel 2024).

La principale assunzione che è stata fatta è quella di considerare, per tutti quei soggetti che hanno ottenuto (o richiesto) il PoC nel 2020, il numero di citazioni effettuate nel 2023 (3 anni post-PoC) uguali a quelle effettuate nel 2022. Il numero totale di soggetti considerati è stato pari a 388. Questi, sono stati successivamente raggruppati in:

- Gruppo di trattamento: tutti quei soggetti che hanno ottenuto almeno un finanziamento PoC in un anno compreso tra il 2016 ed il 2020 (in totale 304 soggetti);
- Gruppo di controllo: tutti quei soggetti che non hanno mai ottenuto il finanziamento PoC, bensì lo hanno richiesto in un anno compreso tra il 2016 ed il 2020 e per cui la variabile (in totale 84 soggetti).

Per ognuno dei soggetti appartenenti a questi gruppi è stato calcolato il CAGR (Compound Annual Growth Rate) relativo ai tre anni precedenti e successivi all'ottenimento (o alla richiesta nel caso del gruppo di controllo) del finanziamento Proof-of-Concept.

La scelta di utilizzare come indicatore di confronto tra i due gruppi il tasso di crescita composto è dovuta al fatto che questo non si limita ad analizzare soltanto come varia il numero medio di

citazioni nei due periodi studiati, bensì esso valuta la crescita media annua delle citazioni per ciascun soggetto nei tre anni precedenti e successivi al PoC.

Grazie al CAGR, quindi, si riesce a determinare se i soggetti che hanno ricevuto il finanziamento (gruppo di trattamento) hanno avuto una crescita più veloce delle citazioni rispetto a quelli che non lo hanno ricevuto (gruppo di controllo), o se la crescita delle citazioni è stata più veloce in uno dei due periodi considerati (periodo pre e post PoC).

Inoltre, l'utilizzo del tasso di crescita composto consente di analizzare la crescita delle citazioni in modo più accurato e completo rispetto all'utilizzo del solo numero medio di citazioni.

Tale indicatore è stato calcolato per ogni soggetto nel seguente modo:

$$CAGR = \left(\frac{V_f}{V_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Dove:

- V_f : numero finale di citazioni (pari alle citazioni all'anno del PoC per il calcolo del CAGR pre-finanziamento ed alle citazioni 3 anni dopo il PoC per il calcolo del CAGR post-finanziamento);
- V_i : numero iniziale di citazioni (pari alle citazioni 3 anni prima del PoC per il calcolo del CAGR pre-finanziamento ed alle citazioni all'anno del PoC per il calcolo del CAGR post-finanziamento);
- n : numero di anni considerati (nel nostro caso 3 anni per entrambi i CAGR calcolati).

Per poter calcolare il CAGR, in tutti quei soggetti il cui numero iniziale di citazioni (V_i) fosse uguale a zero, si è assunto che $V_i = V_i + 1$.

L'analisi della varianza (ANOVA) è stata utilizzata per valutare l'esistenza di eventuali differenze significative tra le medie dei CAGR calcolati per i soggetti appartenenti al gruppo di trattamento e per quelli appartenenti al gruppo di controllo.

Si è adottato un approccio scrupoloso per selezionare solo quei gruppi di dati che soddisfano le principali condizioni richieste per l'analisi ANOVA, tra cui la normalità dei dati, l'omogeneità delle varianze e l'indipendenza delle osservazioni.

La prima analisi della varianza è stata effettuata confrontando i CAGR precedenti e successivi al finanziamento per tutti quei soggetti che hanno ottenuto il PoC (gruppo di trattamento).

Di seguito le due tabelle contenenti i risultati della disamina:

RIEPILOGO						
Gruppi	Conteggio	Somma	Media	Varianza		
CAGR PRE POC	304	128,356	0,422	0,357		
CAGR POST POC	304	115,467	0,379	0,341		

ANALISI VARIANZA						
Origine della variazione	SQ	Gdl	MQ	F	Valore di significatività	F-critica
Tra gruppi	0,273	1	0,273	0,781	0,376	3,856
In gruppi	211,844	606	0,349			
Totale	212,118	607				

Figura 7 - Analisi ANOVA Gruppo trattamento - CAGR pre-PoC e CAGR post-PoC

Nella tabella “Riepilogo” sono riportati i conteggi, le somme, le medie e le varianze dei due gruppi. Nella tabella “Analisi varianza”, invece, si osservano le colonne:

- Origine della variazione: indica la fonte della variazione;
- SQ (somma dei quadrati);
- Gdl (gradi di libertà);
- MQ (media dei quadrati);
- Valore F;
- Valore di significatività (p-value): rappresenta la probabilità che i risultati dell'analisi siano stati ottenuti casualmente;
- Valore F – critica: calcolato in base al livello di significatività e ai gradi di libertà dell'analisi.

Affinché esista una differenza significativa tra le medie dei due gruppi devono verificarsi tali condizioni:

1. Il valore di significatività trovato deve essere inferiore ad una certa soglia (di solito 0,05);
2. Il valore F trovato deve essere maggiore dell’F – critica.

Dai risultati dell'analisi, osservabili nella tabella, possiamo concludere che non esiste alcuna differenza statisticamente significativa tra i due sotto-gruppi confrontati. Il valore di F calcolato (**0,781**), infatti, risulta minore dell’F-critica (**3,856**) ed il valore di significatività (**0,376**) è

maggiore del valore di soglia utilizzato (**0,05**). Ciò significa che non ci sono prove sufficienti per rifiutare l'ipotesi nulla che i due gruppi (CAGR pre-PoC e CAGR post-PoC) abbiano la stessa media. In altre parole, non c'è evidenza statistica per sostenere che il PoC abbia avuto un impatto significativo sul tasso di crescita composto del numero di citazioni dei soggetti appartenenti al gruppo di trattamento.

Una seconda analisi della varianza è stata effettuata confrontando i CAGR precedenti e successivi al finanziamento per tutti quei soggetti che non hanno ottenuto un finanziamento PoC (gruppo di controllo).

Di seguito le due tabelle contenenti i risultati della disamina:

RIEPILOGO						
Gruppi	Conteggio	Somma	Media	Varianza		
CAGR PRE POC	84	30,231	0,359	0,279		
CAGR POST POC	84	24,363	0,290	0,327		

ANALISI VARIANZA						
Origine della variazione	SQ	Gdl	MQ	F	Valore di significatività	F-critica
Tra gruppi	0,204	1	0,204	0,674	0,412	3,898
In gruppi	50,438	166	0,303			
Totale	50,642	167				

Figura 8 - Analisi ANOVA - Gruppo Controllo - CAGR pre-PoC e CAGR post-PoC

Dai risultati si può notare che il valore di F calcolato è **0,674** con un valore di significatività pari a **0,412** (maggiore del livello di soglia pari a 0,05). Inoltre, anche in questo caso, il valore di F calcolato (**0,674**) risulta minore dell'F-critica. Ciò significa che, esattamente come nella prima analisi, non c'è differenza significativa in termini di media tra i due gruppi (CAGR pre-PoC e CAGR post-PoC) e che, come ci aspettavamo, la situazione prima e dopo la partecipazione è rimasta la medesima in termini di CAGR del numero di citazioni.

Infine, si è condotta l'analisi ANOVA confrontando il CAGR post-finanziamento del gruppo di controllo con quello del gruppo di trattamento.

Di seguito ciò che è emerso:

RIEPILOGO						
Gruppi	Conteggio	Somma	Media	Varianza		
CAGR POST POC – TRATT.	304	115,467	0,379	0,341		
CAGR POST POC – CONTR.	84	24,363	0,290	0,327		

ANALISI VARIANZA						
Origine della variazione	SQ	Gdl	MQ	F	Valore di significatività	F-critica
Tra gruppi	0,530	1	0,530	1,566	0,211	3,865
In gruppi	130,715	386	0,338			
Totale	131,245	387				

Figura 9 - Analisi ANOVA – CAGR post-PoC – Gruppo di trattamento e gruppo di controllo

Nella prima tabella “Riepilogo” è possibile notare come la media del CAGR post-PoC del gruppo di trattamento sia nettamente superiore a quella relativa al gruppo di controllo.

Nonostante ciò, osservando la tabella “Analisi della varianza”, è possibile vedere come il valore di F calcolato (**1,566**) risulti minore dell’F-critica (**3,865**) ed il valore di significatività risultante (**0,211**) sia al di sopra del valore soglia (0,05).

Questo suggerisce che, sebbene la differenza media tra i gruppi sia presente, non è statisticamente significativa. In altre parole, non c’è evidenza sufficiente per sostenere che l’ottenimento del PoC abbia avuto un impatto significativo sul CAGR del numero di citazioni dei soggetti. Nonostante ciò, questo è traducibile in un risultato ben preciso: la partecipazione al PoC non ha avuto nessun impatto negativo sulle performance accademiche dei soggetti analizzati.

L’analisi ANOVA è stata effettuata anche in maniera più specifica, analizzando i dati in base a determinate caratteristiche quali: la qualifica, il range di età attuale e l’università di appartenenza dei soggetti. I risultati ottenuti sono stati identici a quelli appena visti: nessuno di questi sottoinsiemi ha evidenziato una differenza significativa tra gruppo di trattamento e gruppo di controllo in termini di CAGR medio.

È interessante sottolineare che in molti sottogruppi analizzati si è verificato un aumento, seppur non significativo, del CAGR post-PoC medio per tutti i soggetti appartenenti al gruppo di trattamento rispetto a quelli appartenenti al gruppo di controllo.

Nello specifico:

- Per i soggetti analizzati appartenenti all'*Università degli Studi Torino*, il CAGR post-finanziamento medio è passato dal **26,9%** (per il gruppo di controllo) al **27,7%** (per il gruppo di trattamento);
- Per tutti i *Professori Ordinari* analizzati, il CAGR post-finanziamento medio è passato dal **7,9%** (per il gruppo di controllo) al **10,7 %** (per il gruppo di trattamento);
- Per tutti i *Ricercatori* analizzati, il CAGR post-finanziamento medio è passato dal **14,9%** (per il gruppo di controllo) al **16,7%** (per il gruppo di trattamento);
- Per tutti i soggetti analizzati appartenenti al range di età che va dai *35 ai 50 anni*, il CAGR post-finanziamento medio è passato dal **16,3%** (per il gruppo di controllo) a **20,6%** (per il gruppo di trattamento);
- Per tutti i soggetti analizzati la cui età attuale è uguale o superiore a *50 anni*, il CAGR post-finanziamento medio è passato da **3,9%** (per il gruppo di controllo) a **14,3%** (per il gruppo di trattamento).

Tuttavia, in altri sottogruppi tale aumento non si è verificato, ovvero:

- Per tutti i *Professori Associati* analizzati, il CAGR post-finanziamento medio è passato dal **17,1%** (per il gruppo di controllo) al **14,2 %** (per il gruppo di trattamento);
- Per tutti i *Dottorandi* analizzati, il CAGR post-finanziamento medio è passato dal **97,7%** (per il gruppo di controllo) al **89,7%** (per il gruppo di trattamento);
- Per tutti i soggetti analizzati appartenenti al *Politecnico di Torino*, il CAGR post-finanziamento medio è passato dal **46,2%** (per il gruppo di controllo) a **42,3%** (per il gruppo di trattamento).

Analisi della varianza (ANOVA) del FWCI

In seguito alla precedente analisi condotta, si è riscontrata l'esigenza di modificare il gruppo di controllo utilizzato al fine di migliorarne l'efficacia. In quest'ulteriore analisi ANOVA, infatti, è stato impiegato un gruppo di controllo costituito da individui che, non solo non hanno mai ricevuto il finanziamento PoC, ma che non lo hanno neanche mai richiesto. Per garantire l'affidabilità e la veridicità dell'analisi, infatti, è stata considerata la scelta più idonea quella di confrontare i soggetti che hanno beneficiato del finanziamento PoC (gruppo di trattamento) con quelli che non hanno mai manifestato alcun interesse nei confronti dello stesso (gruppo di controllo).

Inoltre, invece del CAGR, si è deciso di utilizzare come indicatore di confronto il *Field-Weighted Citation Impact* (FWCI). Esso è uno strumento di valutazione della ricerca sviluppato da Scopus che misura l'impatto delle pubblicazioni scientifiche all'interno di un particolare campo di ricerca. L'FWCI è espresso come un rapporto tra il numero di citazioni effettive e il numero di citazioni attese, dove il valore medio dell'FWCI per un campo disciplinare è pari a 1. Un valore superiore a 1 indica che l'attività di ricerca dell'autore è più citata rispetto alla media del campo disciplinare, mentre un valore inferiore a 1 indica che l'attività di ricerca è meno citata rispetto alla media dello stesso settore disciplinare.

In altre parole, il FWCI tiene conto non solo del numero di citazioni ricevute, ma anche della "normalizzazione" delle citazioni in base al campo di ricerca in cui le pubblicazioni sono state prodotte. Tale indicatore viene spesso utilizzato per confrontare la ricerca di autori, riviste o istituti di ricerca in un determinato settore disciplinare, fornendo così una misura affidabile della loro influenza nel campo specifico.

In relazione all'analisi effettuata, i dati relativi al FWCI sono stati ricavati da *Scival*, ovvero una piattaforma online di valutazione della ricerca (sviluppata da *Elsevier*) che utilizza il database bibliografico fornito da *Scopus*.

Sono state effettuate tre analisi associate ai tre settori scientifico disciplinari (SSD) maggiormente presenti nella base dati, ovvero:

- ICAR: soggetti appartenenti a tale SSD che hanno ottenuto un finanziamento PoC nel 2020 (in totale 17 individui);
- ING-IND: soggetti appartenenti a tale SSD che hanno ottenuto un finanziamento PoC nel 2016 (20 individui), nel 2017 (21 individui) e nel 2020 (32 individui);
- ING-INF: soggetti appartenenti a tale SSD che hanno ottenuto un finanziamento PoC nel 2020 (in totale 14 individui).

Per ognuno dei soggetti appartenenti al gruppo di trattamento è stata calcolata la media del FWCI nei tre anni precedenti e successivi all'ottenimento del finanziamento. Il medesimo procedimento è stato effettuato per il gruppo di controllo (utilizzando lo stesso anno di riferimento del gruppo di trattamento).

Qualora l'anno di ottenimento del PoC fosse stato il 2020, tale anno è stato incluso nell'analisi dei tre anni successivi al PoC, in quanto non sono disponibili dati relativi al 2023.

L'analisi della varianza (ANOVA) è stata utilizzata per valutare l'esistenza di eventuali differenze significative tra le medie dei FWCI calcolati per i soggetti appartenenti al gruppo di trattamento e per quelli appartenenti al gruppo di controllo.

La prima analisi della varianza è stata effettuata confrontando, per tutti quei soggetti appartenenti al settore disciplinare ICAR, il FWCI medio post-finanziamento del gruppo di controllo con quello del gruppo di trattamento. Di seguito le due tabelle contenenti i risultati della disamina:

RIEPILOGO						
Gruppi	Conteggio	Somma	Media	Varianza		
Gruppo di trattamento	17	21,587	1,270	0,643		
Gruppo di controllo	17	24,017	1,413	0,837		

ANALISI VARIANZA						
Origine della variazione	SQ	Gdl	MQ	F	Valore di significatività	F-Critica
Tra gruppi	0,174	1	0,174	0,235	0,631	4,149
In gruppi	23,684	32	0,740			
Totale	23,858	33				

Figura 10 -Analisi ANOVA - FWCI post PoC - Gruppo di trattamento e gruppo di controllo -ICAR

La seconda analisi ANOVA è stata effettuata confrontando, per tutti quei soggetti appartenenti al settore disciplinare ING-INF, il FWCI medio post-finanziamento del gruppo di controllo con quello del gruppo di trattamento. Di seguito ciò che è emerso:

RIEPILOGO						
Gruppi	Conteggio	Somma	Media	Varianza		
Gruppo di trattamento	14	17,770	1,269	0,764		
Gruppo di controllo	14	16,853	1,204	0,356		

ANALISI VARIANZA						
Origine della variazione	SQ	Gdl	MQ	F	Valore di significatività	F-Critica
Tra gruppi	0,030	1	0,030	0,054	0,819	4,225
In gruppi	14,556	26	0,560			
Totale	14,586	27				

Figura 11-Analisi ANOVA - FWCI post PoC - Gruppo di trattamento e gruppo di controllo -ING-INF

Infine, l'ultima analisi ANOVA effettuata ha permesso di confrontare il FWCI medio post-finanziamento del gruppo di controllo con quello del gruppo di trattamento per tutti quei soggetti appartenenti al settore disciplinare ING-IND. Tale disamina è stata effettuata in relazione a tre differenti anni di ottenimento del PoC, ovvero il 2016, il 2017 ed il 2020. Poiché i risultati ottenuti sono uguali per ognuno dei tre anni, si è deciso di presentare all'interno dell'elaborato soltanto l'ANOVA relativa all'anno 2020. Di seguito le due tabelle contenenti i risultati della disamina:

RIEPILOGO						
Gruppi	Conteggio	Somma	Media	Varianza		
Gruppo di trattamento	32	47,190	1,475	4,652		
Gruppo di controllo	32	66,580	2,081	13,887		

ANALISI VARIANZA						
Origine della variazione	SQ	Gdl	MQ	F	Valore di significatività	F-Critica
Tra gruppi	5,875	1	5,875	0,634	0,429	3,996
In gruppi	574,687	62	9,269			
Totale	580,562	63				

Figura 12-Analisi ANOVA - FWCI post PoC - Gruppo di trattamento e gruppo di controllo -ING-IND -2020

Come è possibile visualizzare dalle tabelle riportate, in tutte le analisi effettuate utilizzando il *Field-Weighted Citation Impact* come indicatore di confronto, il valore di F calcolato è sempre minore dell'F-critica. Inoltre, il valore di significatività (*p-value*) risulta essere sempre maggiore del livello di soglia pari a 0,05. Ciò significa che, esattamente come nelle analisi effettuate precedentemente, non c'è differenza significativa in termini di FWCI medio tra il gruppo di trattamento ed il gruppo di controllo. I dati risultanti, quindi, rafforzano quanto già trovato prima, ovvero che la partecipazione ai programmi Proof-of-Concept e, più in generale, ad attività legate al Trasferimento Tecnologico, non ha nessun impatto negativo sulle performance accademiche dei soggetti analizzati e, di conseguenza, sulla loro carriera.

CONCLUSIONI

Riassunto dei principali risultati ottenuti

La tesi ha esaminato l'impatto dei finanziamenti Proof-of-Concept sulla carriera dei soggetti accademici attraverso due differenti disamine statistiche: l'analisi della tendenza centrale e l'analisi della varianza (ANOVA).

I risultati ottenuti in merito alla prima analisi mostrano un significativo aumento del numero medio di citazioni e di progetti di ricerca effettuati (sia competitivi sia commerciali) per tutti quei soggetti che hanno ottenuto il finanziamento.

È importante sottolineare come il trend di crescita positivo delle citazioni sia riscontrabile negli anni successivi ma anche in quelli precedenti all'ottenimento del PoC, a dimostrazione del fatto che non sia chiaro se tale aumento sia dovuto esclusivamente al finanziamento ricevuto o ad altri fattori esterni coinvolti. L'analisi della tendenza centrale specifica ha mostrato come alcuni soggetti, rispetto ad altri, fossero più inclini ad un aumento del numero medio di progetti di ricerca effettuati nei cinque anni successivi all'ottenimento del PoC.

Relativamente alla qualifica, tali soggetti sono i *Professori associati* ed i *Ricercatori*. Per quanto concerne il range di età e l'università di appartenenza, i risultati migliori sono stati ottenuti dai soggetti tra i 35 ed i 50 anni associabili al *Politecnico di Torino*.

Infine, è stato registrato un andamento particolarmente crescente del numero medio di citazioni post-finanziamento per tutti quei soggetti che hanno ottenuto il PoC nel 2016 e nel 2020. I risultati ottenuti nell'analisi specifica della tendenza centrale sono coerenti con quelli riscontrati nell'analisi generale e, insieme a questa, potrebbero suggerire che l'ottenimento del PoC abbia avuto un impatto positivo sull'attività di ricerca dei soggetti considerati e, di conseguenza, sulla loro carriera accademica.

Per ottenere una valutazione più esaustiva ed accurata di tale impatto, si è deciso di integrare tale analisi con un'ulteriore disamina statistica: la cosiddetta ANOVA (*Analysis of Variance*).

L'analisi della varianza è stata utilizzata per valutare l'esistenza di eventuali differenze significative tra le medie dei CAGR (del numero di citazioni, pre e post finanziamento) calcolati per i soggetti appartenenti al gruppo di trattamento (coloro che hanno ottenuto il PoC) e per quelli appartenenti al gruppo di controllo (coloro che non hanno mai ottenuto il PoC).

La disamina, in relazione al *p-value* ed ai valori dell'*F* e dell'*F-critica* risultanti, ha permesso di concludere che, sebbene la differenza media tra i gruppi sia presente, non è statisticamente significativa, quindi non c'è evidenza sufficiente per sostenere che l'ottenimento del PoC abbia avuto un impatto rilevante sul CAGR, ovvero sulla velocità di crescita del numero di citazioni

post-finanziamento. Infine, si è riscontrata l'esigenza di modificare il gruppo di controllo utilizzato per migliorarne l'efficacia e garantire la robustezza dell'analisi. Si è quindi deciso di effettuare un'ulteriore disamina impiegando come gruppo di controllo tutti quei soggetti che non hanno mai manifestato alcun interesse nei confronti dei finanziamenti PoC ed utilizzando come indicatore di confronto il *Field-Weighted Citation Impact* (FWCI). Anche in questo caso, i risultati ottenuti hanno rilevato come non esista alcuna differenza significativa (in termini di FWCI medio) tra il gruppo di trattamento ed il gruppo di controllo.

Questo, sebbene ci impedisca di trarre conclusioni definitive sulla positività dell'impatto dei finanziamenti sulla carriera dei soggetti analizzati, ci permette di affermare con certezza che la partecipazione a tali programmi PoC non ha avuto nessun impatto negativo sulle performance accademiche degli stessi. I risultati ottenuti consentono alla tesi di inserirsi in modo antitetico rispetto ad una parte della letteratura analizzata nei capitoli precedenti.

In particolare, lo studio condotto rappresenta una posizione contraria a tutti coloro i quali sostengano che l'impegno nel Trasferimento Tecnologico e, di conseguenza, la partecipazione a programmi di finanziamento Proof-of-Concept, possano danneggiare le carriere dei soggetti accademici in termini di progressione, promozione e riconoscimento all'interno delle Università.

I risultati ottenuti offrono una risposta appropriata alla preoccupazione, ampiamente diffusa all'interno della comunità scientifica, circa la possibile diminuzione del tempo e delle risorse a disposizione dei professori per la ricerca di base e l'insegnamento, a causa delle richieste e delle pressioni concomitanti al Trasferimento Tecnologico.

In definitiva, la partecipazione ad attività legate al TT ed ai finanziamenti PoC non ha mai causato un pregiudizio alla carriera dei soggetti analizzati, bensì, in alcuni casi specifici, ha portato benefici in termini di sviluppo professionale e crescita accademica.

Finanziamenti Proof-of-Concept e Trasferimento tecnologico, sulla base dei dati analizzati, non appaiono correlati a prestazioni inferiori nel mondo della ricerca. Tale conclusione rappresenta, sicuramente, il principale contributo della tesi alla letteratura già esistente.

Limiti della ricerca e suggerimenti per future ricerche

Pur essendo evidente l'accuratezza con cui la disamina è stata effettuata, si ravvisa la presenza di alcune criticità che richiedono un'ulteriore approfondimento e una più attenta analisi. Uno dei principali limiti che affliggono la seguente ricerca è la dimensione limitata del campione, specialmente per tutte le analisi specifiche effettuate per valutare la correlazione delle singole

variabili con i risultati trovati e per determinare il loro impatto sull'obiettivo di ricerca. La criticità sta nell'aver condotto alcune disamine specifiche su un numero limitato ed esiguo di individui che potrebbe non essere rappresentativo dell'intera popolazione. Inoltre, altro limite sta nel non aver considerato il numero di citazioni cumulato, bensì quello distribuito negli anni precedenti e successivi all'ottenimento del PoC. Relativamente alla raccolta dati, le fonti utilizzate (pagine web di Università o Istituti di Ricerca, Curriculum vitae, ecc.) potrebbero non essere state aggiornate tempestivamente e ciò costituirebbe un'ulteriore criticità da considerare. Un'altra possibile limitazione delle analisi effettuate potrebbe essere legata alla giovane età del finanziamento PoC e alla conseguente breve durata dell'osservazione degli effetti post-finanziamento. Infatti, sebbene sia stato possibile rilevare alcuni cambiamenti a breve termine, potrebbe essere necessario un periodo di osservazione più lungo per valutare in modo più accurato l'impatto complessivo di questi particolari programmi di finanziamento sui soggetti coinvolti.

Infine, è importante sottolineare che non è stata valutata la possibile influenza di eventuali variabili di confondimento o di altri fattori esterni che, insieme alle altre criticità descritte, avrebbero potuto influire sui risultati trovati.

Pertanto, in futuro, sarebbe importante effettuare ulteriori analisi specifiche considerando per ognuna di esse un campione più ampio e diversificato e includendo una valutazione più accurata dei fattori di confondimento esterni. Inoltre, una ricerca futura potrebbe essere condotta attraverso un approccio longitudinale per monitorare l'evoluzione della carriera dei professori per un periodo più lungo, in modo da determinare se i risultati delle analisi condotte cambino nel tempo. Sarebbe interessante utilizzare l'analisi ANOVA per confrontare gruppi di professori su variabili diverse che siano determinanti della loro carriera (numero di pubblicazioni, H-index, ecc.) invece di concentrarsi soltanto sul CAGR delle citazioni e sul FWCI. Infine, il modello potrebbe essere utilizzato anche per studiare l'impatto di altre forme di finanziamento sulla carriera dei professori e confrontarle con i *Proof-of-Concept*.

Sulla base di quanto presentato nella tesi e nella costruzione del database Excel, è ragionevole affermare che tale elaborato rappresenti un contributo importante al campo di ricerca e possa fornire una base solida per ulteriori indagini e sviluppi dell'argomento.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Gruppo di consulenza MTM. (2018). UK University Proof-of-Concept Study.
- Association of University Technology Managers (AUTM). (2014). Proof-of-Concept Centers: Accelerating the Commercialization of University Innovation.
- Azoulay, P., Zivin, J. S., & Manso, G. (2007). Incentives and Creativity: Evidence from the Academic Life Sciences. *The RAND Journal of Economics*, 610-632.
- Battaglia, D., Paolucci, E., & Ughetto, E. (2021). Opening the black box of university Proof-of-Concept programs: Project and team-based determinants of research commercialization outcomes. *Technovation*.
- Battaglia, D., Paolucci, E., & Ughetto, E. (2021). The role of Proof-of-Concept programs in facilitating the commercialization of research-based inventions. *Research Policy*.
- Bekkers, R., & Bodas Freitas, I. M. (2008). Analysing knowledge transfer channels between universities and industry: to what degree do sectors also matter? *Research policy*, 1837-1853.
- Bradley, S. R., Hayter, C., & Link, A. (2013, Gennaio). Models and Methods of University Technology Transfer. *Foundations and Trends in Entrepreneurship*, 571-650.
- Chen, W. P., & Porteus, E. L. (2014). The Proof-of-Concept Process for Entrepreneurial Ventures. *Entrepreneurship Theory and Practice*.
- Chiesa, R., & A. Piccaluga. (2000). University research and knowledge-based entrepreneurship: a review of the literature. *International Journal of Technology Management*.
- Colombo, G., Grilli, E., & Murtinu, S. (2014). The impact of university-based incubation support on the innovation strategy of academic spin-offs. *Technovation*.
- Cooke, P., Morgan, K., & Muñoz, M. (2016). Innovation policies in Europe: the innovation paradox across Europe's regions. *Journal of Technology Transfer*.

- Cunningham, J. A. (2011). Hurdles in University-Industry Technology Transfer: A Literature Review. *Journal of Technology Transfer*.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research policy*, 109-123.
- European Association of Research and Technology Organizations (EARTO). (2018). EARTO Impact Report 2018.
- Global trends of university-based proof-of-concept centers. (2019). *Technovation* .
- Grimpe, C., Hussinger, K. (2014). Resource complementarity and value capture in firm acquisitions: The role of intellectual property rights. . *Research Policy*, 1066-1077.
- Gulbranson, C., & Audretsch, D. B. (2008). Proof-of-concept centers: accelerating the commercialization of university innovation. *The Journal of Technology Transfer*, 249-258.
- Jaffe, A. B., Fogarty, M. S., & Banks, B. A. (1993). Evidence from patents and patent citations on the impact of NASA and other federal labs on commercial innovation. *Journal of industrial economics*, 91-100.
- Kassicieh, A. S., & Souza, J. P. (2003). Science and technology parks and incubators: observations, synthesis and future directions. *Technovation*.
- Kirby, D. (2006). 'Creating entrepreneurial universities in the UK: Applying entrepreneurship theory to practice. *Journal of Technology Transfer*, 599-603.
- Krogh, G. v., Schroll, A., & Ettl, K. (2019). Global trends of university-based proof-of-concept centers. *Technovation*.
- Looy, B. V., Debackere, K., Engelen, J., & Veugelers, R. (2006). Do science-technology interactions pay off when developing technology-intensive products? A study of product innovation projects in the field of medical engineering. *Journal of Product Innovation Management*, 142-155.

- Looy, V., Ranga, M., Callaert, J., Debackere, K., & Zimmermann, E. (2004). Combining entrepreneurial and scientific performance in academia: Towards a compounded and reciprocal Matthew effect? *Research Policy*, 425-441.
- Millen, B. A. (2015). Building Proof-of-Concept Centers at Universities to Support the Commercialization of Academic Research. *Journal of Research*.
- Mowery, D. C., Joanne, E., & B. S. (2001). Strategic alliances and interfirm knowledge transfer. *Strategic Management Journal*, 77-91.
- Munari, F., & Toschi, L. (2021). The impact of public funding on science valorisation: an analysis of the ERC Proof-of-Concept Programme. *Research Policy*.
- Munari, F., Sobrero, M., & Toschi, L. (2017). Financing technology transfer: assessment of university-oriented proof-of-concept programmes. *Technology Analysis & Strategic Management*, 233-246.
- PwC, N. V. (2006). MoneyTreeTM Report. *MoneyTreeTM Report*.
- Rogers, E. M. (2001). Diffusion of innovations. *Free Press*.
- Sharma, S., & Tripathi, S. (2016). Role of technology transfer in international business. *The IUP Journal of Business Strategy*, 17-29.
- Siegel, i. M., & Westhead, K. (2009). "Proof-of-concept centers: accelerating the commercialization of university innovations. *Technovation*.
- Stough, R., & Baycan, T. (2012). Bridging knowledge to commercialization: The good, the bad, and the challenging. *Annals of Regional Science*.
- VentureOne. (2005). Venture Capital Industry Report. *Venture Capital Industry Report*.

SITOGRAFIA

- [1] Agenzia per la Promozione della Ricerca Europea (APRE). (s.d.). Tratto da <https://apre.it/>
- [2] Ministero dell'Innovazione e delle Tecnologie. (s.d.). Tratto da <https://innovazione.gov.it/>

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Metodo per determinare l'anno di riferimento.....	25
Figura 2- Analisi della tendenza centrale - Numero citazioni medie.....	28
Figura 3 - Analisi della tendenza centrale - n° medio progetti competitivi	29
Figura 4 - Analisi della tendenza centrale - n° medio progetti commerciali.....	29
Figura 5 -Analisi della tendenza centrale – Citazioni medie anno di riferimento 2016.....	31
Figura 6 - Analisi della tendenza centrale - Citazioni medie per soggetti associabili a progetti di categoria tecnologica "Biomedicale, Chimica"	33
Figura 7 - Analisi ANOVA Gruppo trattamento - CAGR pre-PoC e CAGR post-PoC	36
Figura 8 - Analisi ANOVA - Gruppo Controllo - CAGR pre-PoC e CAGR post-PoC.....	37
Figura 9 - Analisi ANOVA – CAGR post-PoC – Gruppo di trattamento e gruppo di controllo	38
Figura 10 -Analisi ANOVA - FWCI post PoC - Gruppo di trattamento e gruppo di controllo - ICAR	41
Figura 11-Analisi ANOVA - FWCI post PoC - Gruppo di trattamento e gruppo di controllo - ING-INF	41
Figura 12-Analisi ANOVA - FWCI post PoC - Gruppo di trattamento e gruppo di controllo - ING-IND -2020	42

