



Sinergie SIMA
Management Conference



Tertiarization & sustainability new challenges for management in the digital era

Conference Proceedings

Short Papers

Genova (Italy)

12-13 June 2025

Sinergie-SIMA Management Conference Proceedings
Tertiarization & sustainability new challenges for management in the digital era 12-13 June 2025
University of Genova - Italy

ISBN 978-88-94-7136-7-1

The Conference Proceedings are published online on <https://www.sijmsima.it>

© 2025 FONDAZIONE CUEIM
Via Interrato dell'Acqua Morta, 26
37129 Verona - Italy



Tertiarization & sustainability. New challenges for management in the digital era

12-13 June 2025

Conference Proceedings

Short Papers

edited by

Arabella Mocciaro Li Destri, Marta Ugolini and Lara Penco

Ricombinazione di conoscenza e esternalità spaziali nel contesto dell'Industria 4.0 europea

SAVERIO BARABUFFI¹ GIULIO FERRIGNO² GUIDO PIALLI³ ANDREA PICCALUGA⁴

Abstract

L'articolo analizza il ruolo della ricombinazione di conoscenza delle imprese e degli spillover spaziali sulle tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 a livello di impresa. L'articolo analizza il ruolo delle conoscenze pregresse in materia di ICT delle imprese europee nel ricombinare coerentemente le conoscenze e nel brevettare le tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 e il ruolo degli spillover spaziali locali e interregionali. L'articolo utilizza un modello di regressione lineare a effetti fissi e un modello di regressione spaziale autoregressiva su 1521 imprese europee attive che hanno sviluppato brevetti I4.0 nel periodo 2011-2019. Scopriamo che le conoscenze pregresse in materia di ICT favoriscono la performance brevettuale delle imprese nelle tecnologie I4.0, mentre sono influenzate negativamente dalle esternalità spaziali interregionali.

Framing of the research. *Le tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 fanno riferimento alla crescente digitalizzazione, robotizzazione e automazione della fabbrica manifatturiera (Capello e Lenzi, 2021), sono diffuse tra i Paesi europei (Ciffolilli e Muscio, 2018) anche se la loro distribuzione rimane altamente disomogenea, con le capacità regionali che giocano un ruolo decisivo nel determinare se le regioni possono integrarsi con successo nelle nuove reti di produzione della conoscenza (Balland e Boschma, 2021). La rilevanza delle tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 nelle politiche industriali europee (Klingenberg et al., 2019; Reischauer, 2018) e il recente dibattito sulla sovranità tecnologica (Edler et al., 2023) hanno messo in luce la necessità di sviluppare competenze e capacità per sostenere sia la competitività nazionale che i processi di trasformazione. In quanto tale, le tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 possono essere considerate come lo sviluppo del sistema delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) (Nuvolari, 2019), sviluppo che è stato fondamentale per trasformare i sistemi socio-economici e favorire la crescita economica, attraverso l'incremento della produttività delle imprese (Hall, Lotti e Mairesse, 2013), e si è rivelato strumentale per lo sviluppo di tecnologie verdi (Corrocher e Ozman, 2020). Inoltre, la brevettazione delle TIC può innescare complementarità tra i diversi domini di utilizzo (Santoalha, Consoli e Castellacci, 2021) e complementarità tra le invenzioni e le applicazioni delle imprese (Frenken et al., 2012), portando alla ricombinazione delle conoscenze presenti all'interno delle imprese (Antonelli, Krafft e Quatraro, 2010) e alla diversificazione tecnologica (Montresor e Quatraro, 2017). Il concetto di ricombinazione è al centro di questo processo, in quanto l'innovazione non nasce in maniera isolata ma proviene dalla ricombinazione di conoscenze e tecnologie esistenti (Weitzman 1996, 1998). Ciò è in linea con la concezione più ampia degli studi sul ruolo della prossimità, in cui le nuove attività tecnologiche si basano sulle capacità esistenti e sulla base di conoscenze locali (Frenken e Boschma, 2007). Tuttavia, le ricerche precedenti non hanno studiato se e come la brevettazione delle TIC consenta alle imprese di ricombinare le conoscenze per sviluppare le tecnologie dell'Industria 4.0. Alcuni studiosi hanno studiato quali cluster di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 rappresentano le GPT (tecnologie di uso generale) e la loro relazione con le tecnologie TIC, concentrandosi sull'analisi dei brevetti a livello di USPTO (Martinelli, Mina e Moggi; 2021; Lee e Lee, 2022). Altri studiosi hanno invece concentrato la loro analisi su dati a livello di impresa andando a studiare i cambiamenti organizzativi legati all'adozione di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 (Cirillo et al., 2021) e la relazione positiva tra i brevetti di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 e le performance delle imprese (Benassi et al., 2022) o analizzando soltanto specifiche tecnologie dell'Industria 4.0 (Igna e Venturini, 2023). Altri ancora hanno esaminato il legame tra TIC e Industria 4.0 tramite dati a livello regionale e i conseguenti effetti positivi di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 sulla crescita economica regionale (Laffi e Boschma, 2021; Capello e Lenzi, 2023). Inoltre, il panorama dell'innovazione nelle regioni è caratterizzato da una distribuzione non uniforme, con le nuove conoscenze tecnologiche che tendono a localizzarsi all'interno di specifiche aree geografiche (Boschma, 2005). Le regioni possono essere viste come sistemi di*

¹ Scuola Superiore Sant'Anna
e-mail: saverio.barabuffi@santannapisa.it

² Scuola Superiore Sant'Anna
e-mail: giulio.ferrigno@santannapisa.it

³ University College London
e-mail: g.pialli@ucl.ac.uk

⁴ Scuola Superiore Sant'Anna
e-mail: andrea.piccaluga@santannapisa.it

attori che rafforzano le risorse locali, compresa la conoscenza, che può fluire attraverso i confini organizzativi a causa della vicinanza geografica (Cantner et al., 2010). Gli effetti delle esternalità tecnologiche sulla capacità tecnologica di ciascuna impresa derivano dalle attività di Ricerca e Sviluppo di altre imprese localizzate nella stessa area (Antonelli, 1994). Inoltre, la conoscenza è caratterizzata dalla capacità di diffondersi attraverso canali sia intenzionali che non intenzionali (Antonelli and Colombelli, 2017), le sue ricadute non sono necessariamente confinate ai confini regionali (Boschma, 2005). La conoscenza esterna diventa quindi un importante input complementare per la generazione di nuova conoscenza (Antonelli e Colombelli, 2015), dove le esternalità di conoscenza interregionali di aree limitrofe danno forma all'innovazione (Boschma et al., 2017) che può derivare da brevetti e attività di Ricerca e Sviluppo svolte in regioni adiacenti (Moreno et al., 2005; Boschma e Ter Wal, 2007; Filippetti e Zinilli, 2023). Corradini, Santini e Vecciolini (2021) dimostrano che la prossimità spaziale è un fattore trainante dei flussi di conoscenza di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 tra le regioni europee a livello NUTS-2. Tuttavia, la dipendenza spaziale può esacerbare effetti negativi come la rivalità di mercato e la competizione per il vantaggio tecnologico tra le regioni (Montmartin et al., 2018), che possono ridurre la performance innovativa delle regioni circostanti (Drivas, 2021) e limitare le opportunità di innovazione all'interno delle industrie high-tech (Byun et al., 2021). Sulla base di queste considerazioni, rimane una lacuna nella comprensione dei meccanismi precisi attraverso i quali le conoscenze pregresse in ICT influenzano le performance brevettuali delle imprese europee. Mentre la ricerca esistente ha esplorato la geografia disomogenea dell'Industria 4.0 e il ruolo delle capacità regionali nel cambiamento tecnologico, rimane incerto se i cluster di tecnologie nell'ambito dell'Industria 4.0 favoriscano l'innovazione a livello di impresa. Per colmare queste lacune, questa ricerca esamina le seguenti domande: quali sono gli effetti della conoscenza pregressa in TIC e delle esternalità spaziali, sia locali che interregionali, nelle performance brevettuali delle imprese europee che sviluppano tecnologie nell'ambito dell'Industria 4.0?

Purpose of the paper. Lo scopo dell'articolo è quello di analizzare il ruolo che hanno i brevetti in TIC delle imprese europee nello sviluppare brevetti di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 e il ruolo delle esternalità spaziali all'interno del contesto imprenditoriale europeo. La letteratura si è concentrata nell'investigare il ruolo delle TIC nello sviluppo delle tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 andando ad analizzare brevetti in ambito europeo (Xiao e Boschma, 2023) e statunitense (Martinelli, Mina e Moggi, 2021; Lee e Lee, 2022) e analizzando le ricadute economiche delle tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 all'interno delle regioni NUTS2 europee (Laffi e Boschma, 2021; Capello e Lenzi, 2023), ma senza analizzare questo fenomeno a livello di impresa. Nello specifico sviluppiamo 4 ipotesi di ricerca. Le prime due ipotesi si concentrano sul ruolo della conoscenza tecnologica prodotta dall'impresa nel favorire tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 e nello specifico come la conoscenza tecnologica sviluppata in ambito TIC in quanto antecedente di queste tecnologie (Nuvolari, 2019) può favorire il loro sviluppo. La prima ipotesi prevede che le imprese che hanno sviluppato brevetti in TIC hanno una migliore performance brevettuale inerente all'ambito di Industria 4.0. La seconda ipotesi si concentra sul ruolo della specializzazione in TIC del portafoglio brevettuale nel migliorare le performance brevettuali inerente all'ambito di Industria 4.0.

La terza e quarta ipotesi si concentrano sul ruolo delle esternalità spaziali sulla brevettazione di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0. Ci concentriamo sullo studio delle esternalità spaziali tra imprese in base alla loro ubicazione a livello di regione NUTS3. Nello specifico ci concentriamo sull'effetto delle esternalità spaziali all'interno della stessa regione NUTS3 e tra diverse regioni NUTS3. La terza ipotesi dell'articolo si concentra sull'effetto positivo sulla brevettazione di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 delle esternalità spaziali per le imprese ubicate nella stessa regione NUTS3, mentre la quarta ipotesi prevede l'effetto negativo delle esternalità spaziali sulle tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0.

Methodology. Verifichiamo le argomentazioni teoriche utilizzando un modello di regressione lineare a effetti fissi e un modello di regressione spaziale autoregressiva su un campione di 1521 imprese europee distribuite tra i Paesi dell'UE-28 che hanno depositato brevetti inerenti all'ambito di Industria 4.0 presso l'Ufficio Brevetti Europeo (EPO) nel periodo 2011-2019. Abbiamo recuperato i brevetti di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 dal database REGPAT dell'OECD EPO basandoci sulla strategia di ricerca sulle tecnologie di Industria 4.0 fornita da Martinelli, Mina e Moggi (2021). In primo luogo, abbiamo raccolto 8000 brevetti legati alle tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 applicati da 2334 numeri identificativi distinti del richiedente (ovvero "Person_id") nel periodo 2011-2019. Per affinare la ricerca e concentrarci sulle domande di brevetto presentate da aziende europee, abbiamo applicato tecniche di text mining per escludere le università, le fondazioni, le associazioni, le organizzazioni di ricerca pubbliche e gli istituti pubblici dal set di dati. Di conseguenza, abbiamo individuato 1521 identificatori unici raggruppati a livello di impresa (ovvero: OECD Harmonised Applicant Names - HAN_id) relativi alle imprese dell'UE-28 che hanno depositato 8021 brevetti inerenti a tecnologie in ambito di Industria I4.0 nel periodo 2011-2019.

Per analizzare se i brevetti nel settore ICT consentono alle imprese europee di sviluppare e brevettare le tecnologie I4.0, raccogliamo i brevetti legati alle TIC depositati presso l'EPO prima del 2019 per le 1521 imprese dell'UE-28 che hanno depositato brevetti EPO legati a tecnologie di Industria 4.0 nel periodo 2011-2019. Abbiamo recuperato i brevetti EPO legati alle TIC utilizzando la strategia di ricerca fornita da Inaba e Squicciarini (2017). Abbiamo quindi creato una variabile binaria che assume il valore 1 se l'impresa ha sviluppato almeno un brevetto EPO TIC nei 5 anni precedenti, e 0 altrimenti. 835 imprese su 1521 hanno depositato un brevetto legato alle TIC, quindi per mitigare l'endogeneità dovuta alla self-selection nelle domande di brevetto legate alle TIC ricorriamo a una variabile strumentale e implementiamo una funzione di controllo. Per trovare un variabile strumentale adatta, calcoliamo la media del vantaggio tecnologico rivelato (RTA) standardizzato nelle TIC per ogni regione NUTS 3 confinante con la regione NUTS3 in cui hanno sede le

imprese. La variabile strumentale misura la specializzazione nelle TIC delle regioni NUTS 3 limitrofe alle imprese, che può indicare la presenza di distretti industriali TIC e che possono guidare la propensione delle imprese a brevettare in tecnologie legate alle TIC, ma non influenzare il termine di errore di ciascuna impresa.

Inoltre, all'interno delle 835 imprese che hanno depositato un brevetto legato alle TIC, calcoliamo misure di specializzazione del portafoglio brevettuale per poter analizzare il ruolo svolto dalla specializzazione in specifiche TIC nello sviluppare tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0.

Per stimare gli effetti delle esternalità spaziali, calcoliamo misure di centralità di rete degli autovettori tramite le matrici di contiguità spaziale tra le imprese del campione. La centralità degli autovettori si basa sul concetto che un nodo (ad esempio, un'impresa) è più centrale se è collegato ad altri nodi importanti. Quindi il calcolo della centralità dell'autovettore su una matrice spaziale ci permette di comprendere l'effetto di agglomerazione dell'industria legato alle tecnologie in ambito di Industria 4.0. Calcoliamo la centralità di rete degli autovettori su due diverse matrici spaziali $m \times m$ che raccolgono se un'impresa j è confinante all'impresa i : 1) una matrice spaziale che assume il valore 1 quando un'impresa j è localizzata all'interno della stessa regione NUTS 3 dell'impresa i , e 0 altrimenti; e 2) una matrice spaziale che assume il valore 1 quando un'impresa j è localizzata in una regione NUTS 3 contigua all'impresa i , e 0 altrimenti. Dopo aver calcolato la centralità degli autovettori di ciascuna impresa in entrambe le matrici spaziali, si ottengono due matrici $m \times m$ dove l'elemento generico g_{ij} delle matrici raccoglie la centralità spaziale degli autovettori dell'impresa i con l'impresa $j \neq i$. Per analizzare se le prestazioni brevettuali nelle tecnologie I4.0 sono influenzate dagli spillover spaziali localizzati e interregionali, calcoliamo l'interazione tra le matrici degli autovettori e il numero di brevetti I4.0 presentati dalle imprese $j \neq i$ negli anni precedenti. Per comprendere il fenomeno nella sua interezza, forniamo un'analisi dell'eterogeneità dei brevetti inerenti alle tecnologie in ambito di Industria 4.0 andando ad analizzare nello specifico l'effetto dei brevetti TIC sui brevetti in ambito di Intelligenza Artificiale, Cloud Computing, 3D printing, Internet of Things, Additive Manufacturing, and Big Data/Industrial Analytics. Inoltre, all'interno del modello di regressione lineare a effetti fissi e del modello di regressione spaziale autoregressiva introduciamo delle variabili di controllo, come lo stock di brevetti, l'ampiezza tecnologica del portafoglio brevettuale e il numero di inventori per poter introdurre delle misure che possono catturare la capacità di assorbimento di conoscenza da parte dell'impresa (Cohen e Levinthal, 1990).

Results. *Questo studio potrebbe portare a nuove considerazioni sul tema dello sviluppo delle tecnologie nell'ambito dell'Industria 4.0 a livello europeo, in quanto aver sviluppato tecnologie TIC a livello di impresa negli anni precedenti potrebbe comportare una migliore performance brevettuale nelle tecnologie di Industria 4.0. Inoltre, una maggiore specializzazione brevettuale in TIC potrebbe portare ad un ulteriore incremento delle performance brevettuali in tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0. L'analisi di eterogeneità tecnologica andrebbe a dimostrare nello specifico quale tecnologia in ambito di Industria 4.0 beneficerebbe maggiormente delle conoscenze pregresse in TIC interne all'impresa. Inoltre, la dimensione geografica e l'agglomerazione di imprese potrebbe comportare un miglioramento delle performance brevettuali potendo beneficiare di esternalità spaziali di conoscenza (Boschma, 2005) nonostante questo effetto sia prevalentemente localizzato all'interno della singola regione NUTS3 comportando quindi esternalità negative di conoscenza tra regioni NUTS3 limitrofe, quindi limitando le opportunità di innovazione all'interno dell'Industria 4.0 europea (Byun et al., 2021).*

Research limitations. *Questo studio comporta alcune limitazioni. In primo luogo, si concentra su imprese fornitrici di tecnologia quindi i risultati non possono essere estesi alle imprese che adottano tecnologie nell'ambito dell'Industria 4.0. Inoltre, questo studio utilizza soltanto i brevetti depositati presso l'Ufficio Brevetti Europeo andando quindi a sottostimare l'effetto generato dalla brevetazione in uffici brevettuali nazionali. Allo stesso modo, i brevetti sono una misura ampiamente utilizzata dell'innovazione (Block et al., 2025; Nagaoka et al., 2010; Encaoua et al., 2006), ma potrebbero non cogliere appieno tutte le forme di attività innovativa, come i progressi tecnologici non brevettabili. La ricerca futura potrebbe incorporare molteplici uffici brevettuali e ulteriori misure di innovazione. Infine, il nostro studio va ad analizzare soltanto un'unica dimensione di trasmissione di conoscenza, ovvero quella geografica, mentre futuri lavori potrebbero approfondire il ruolo di esternalità di conoscenza provenienti da altre dimensioni, come quella tecnologica e quella inerente alle competenze.*

Managerial implications. *L'articolo ha importanti implicazioni per managers e imprenditori di imprese europee che vogliono investire nello sviluppo di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0. Da un lato, le imprese dovrebbero possedere conoscenze tecnologiche pregresse in TIC per poter avere migliori performance brevettuali di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0. Dall'altro lato l'ubicazione geografica comporta benefici allo sviluppo di queste tecnologie, potendo beneficiare delle esternalità spaziali di conoscenza. Questo risultato indica la presenza distretti industriali di tecnologie inerenti all'ambito di Industria 4.0 a livello europeo che permettono uno scambio di conoscenza tra le imprese fornitrici di queste specifiche tecnologie.*

Originality of the paper. *L'articolo contribuisce alla letteratura colmando un gap nella letteratura andando ad investigare il ruolo delle conoscenze tecnologiche in TIC presenti all'interno delle imprese europee nello sviluppare brevetti inerenti alle tecnologie nell'ambito dell'Industria 4.0, mentre studi precedenti hanno sviluppato analisi a livello brevettuale e regionale. Inoltre, contribuiamo alla letteratura inerente alle esternalità spaziali andando ad analizzare l'effetto di esternalità spaziali localizzate e interregionali a livello di impresa, mentre la letteratura precedente si è concentrato sul ruolo delle esternalità a livello di regionale NUTS2 e NUTS3.*

Keywords: *Industria 4.0; Conoscenza; Esternalità spaziali; Specializzazione; Unione Europea;*

References

- ANTONELLI C. (1994), "Technological districts localized spillovers and productivity growth. The Italian evidence on technological externalities in the core regions", *International Review of Applied Economics*, vol. 8, n. 1, pp. 18-30.
- ANTONELLI C., COLOMBELLI A. (2015), "External and internal knowledge in the knowledge generation function", *Industry and Innovation*, vol. 22, n. 4, pp. 273-298.
- ANTONELLI C., COLOMBELLI A. (2017), "The locus of knowledge externalities and the cost of knowledge", *Regional Studies*, vol. 51, n. 8, pp. 1151-1164.
- ANTONELLI C., KRAFFT J., QUATRARO F. (2010), "Recombinant knowledge and growth: The case of ICTs", *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 21, n. 1, pp. 50-69.
- BALLAND P.A., BOSCHMA R. (2021), "Mapping the potentials of regions in Europe to contribute to new knowledge production in Industry 4.0 technologies", *Regional Studies*, vol. 55, n. 10-11, pp. 1652-1666.
- BENASSI M., GRINZA E., RENTOCCHINI F., RONDI L. (2022), "Patenting in 4IR technologies and firm performance", *Industrial and Corporate Change*, vol. 31, n. 1, pp. 112-136.
- BOSCHMA R. (2005), "Proximity and Innovation: A Critical Assessment", *Regional Studies*, vol. 39, n. 1, pp. 61-74.
- BOSCHMA R., MARTIN V., MINONDO A. (2017), "Neighbour regions as the source of new industries", *Papers in Regional Science*, vol. 96, n. 2, pp. 227-245.
- BOSCHMA R.A., TER WAL A.L. (2007), "Knowledge networks and innovative performance in an industrial district: the case of a footwear district in the South of Italy", *Industry and innovation*, vol. 14, n. 2, pp. 177-199.
- BLOCK J., LAMBRECHT D., WILLEKE T., CUCCULELLI M., MELONI D. (2025), "Green patents and green trademarks as indicators of green innovation", *Research Policy*, vol. 54, n. 1, pp. 105138.
- CAPELLO R., LENZI C. (2023), "4.0 Technological transformations: heterogeneous effects on regional growth", *Economics of Innovation and New Technology*, pp. 1-20.
- CIFFOLILLI A., MUSCIO A. (2018), "Industry 4.0: National and Regional Comparative Advantages in key Enabling Technologies", *European Planning Studies*
- CIRILLO V., RINALDINI M., STACCIOLI J., VIRGILLITTO M.E. (2021), "Technology vs. workers: the case of Italy's Industry 4.0 factories", *Structural change and economic dynamics*, vol. 56, pp. 166-183.
- COHEN W.M., LEVINTHAL D.A. (1990), "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, pp. 128-152.
- CORRADINI C., SANTINI E., VECCIOLINI C. (2021), "The geography of Industry 4.0 technologies across European regions", *Regional Studies*, vol. 55, n. 10-11, pp. 1667-1680.
- CORROCHER N., OZMAN M. (2020), "Green technological diversification of European ICT firms: a patent-based analysis", *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 29, n. 6, pp. 559-581.
- EC. (2020), A New Industrial Strategy for a Green and Digital Europe. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy_en#accelerating-twin-transitions
- EDLER J., BLIND K., KROLL H., SCHUBERT T. (2023), "Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means", *Research Policy*, vol. 52, n. 6, pp. 104765.
- ENCAOUA D., GUELLEC D., MARTINEZ C. (2006), "Patent systems for encouraging innovation: Lessons from economic analysis", *Research Policy*, vol. 35, n. 9, pp. 1423-1440.
- FILIPPETTI A., ZINILLI A. (2023), "The innovation networks of city-regions in Europe: Exclusive clubs or inclusive hubs?", *Papers in Regional Science*, vol. 102, n. 6, pp. 1169-1193.
- FRENKEN K., BOSCHMA R.A. (2007), "A theoretical framework for evolutionary economic geography: Industrial dynamics and urban growth as a branching process", *Journal of Economic Geography*, vol. 7, n. 5, pp. 635-649.
- FRENKEN K., IZQUIERDO L.R., ZEPPINI P. (2012), "Branching innovation, recombinant innovation, and endogenous technological transitions", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, vol. 4, pp. 25-35.
- HALL B.H., LOTTI F., MAIRESSE J. (2013), "Evidence on the impact of R&D and ICT investments on innovation and productivity in Italian firms", *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 22, n. 3, pp. 300-328.
- KIRSCHNING R., MROZEWSKI M. (2023), "The role of entrepreneurial absorptive capacity for knowledge spillover entrepreneurship", *Small Business Economics*, vol. 60, n. 1, pp. 105-120.
- KLINGENBERG C.O., BORGES M.A.V., ANTUNES Jr J.A.V. (2019), "Industry 4.0 as a data-driven paradigm: A systematic literature review on technologies", *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 32, n. 3, pp. 570-592.
- IGNA I., VENTURINI F. (2023), "The determinants of AI innovation across European firms", *Research Policy*, vol. 52, n. 2, pp. 104661.
- INABA T., SQUICCIARINI M. (2017), "ICT: A new taxonomy based on the international patent classification. OECD
- LAFFI M., BOSCHMA R. (2022), "Does a local knowledge base in Industry 3.0 foster diversification in Industry 4.0 technologies? Evidence from European regions", *Papers in Regional Science*, vol. 101, n. 1, pp. 5-35.
- LEE J., LEE K. (2021), "Is the fourth industrial revolution a continuation of the third industrial revolution or something new under the sun? Analyzing technological regimes using US patent data", *Industrial and Corporate Change*, vol. 30, n. 1, pp. 137-159.
- MARTINELLI A., MINA A., MOGGI M. (2021), "The enabling technologies of industry 4.0: examining the seeds of the fourth industrial revolution", *Industrial and Corporate Change*, vol. 30, n. 1, pp. 161-188.
- MORENO R., PACI R., USAI S. (2005), "Spatial Spillovers and Innovation Activity in European Regions", *Environment and Planning A: Economy and Space*, vol. 37, n. 10, pp. 1793-1812.
- MONTRESOR S., QUATRARO F. (2017), "Regional branching and key enabling technologies: Evidence from European patent data", *Economic Geography*, vol. 93, n. 4, pp. 367-396.
- NAGAOKA S., MOTOHASHI K., GOTO A. (2010), "Patent Statistics as an Innovation Indicator", *Handbook of the economics on innovation*, vol. 2, pp. 1083-1127.

- NUVOLARI A. (2019), "Understanding successive industrial revolutions: A "development block" approach", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, vol. 32, pp. 33-44.
- REISCHAUER G. (2018), "Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 132, pp. 26-33.
- SANTOALHA A., CONSOLI D., CASTELLACCI F. (2021), "Digital skills, relatedness and green diversification: A study of European regions", *Research Policy*, vol. 50, n. 9, pp. 104340.
- WEITZMAN M.L. (1996), "Hybridizing Growth Theory", *The American Economic Review*, vol. 86, n. 2, pp. 207-212.
- WEITZMAN M.L. (1998), "Recombinant Growth", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 113, n. 2, pp. 331-360.
- XIAO J., BOSCHMA R. (2023), "The emergence of artificial intelligence in European regions: the role of a local ICT base", *The Annals of Regional Science*, vol. 71, n. 3, pp. 747-773.

Websites

<http://www.societamanagement.it>
<http://www.sinergiejournal.it>