

IL RUOLO DELLA GEOMATICA NEL MONITORAGGIO DELL'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI E ALTRI RISCHI SUL PATRIMONIO CULTURALE: RISULTATI PRELIMINARI DI UN'ANALISI BIBLIOMETRICA

F. Di Ciaccio^a, G. Tucci^a

^a Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of Florence, via di S. Marta 3, 50139 Firenze (FI), Italy
fabiana.diciaccio@unifi.it, grazia.tucci@unifi.it

Parole chiave: Analisi bibliometrica, Cambiamenti climatici, Geomatica, Monitoraggio ambientale, Patrimonio culturale

Key words: Bibliometric analysis, Climate change, Cultural heritage, Environmental monitoring, Geomatics

Abstract

In un'epoca caratterizzata da forti cambiamenti climatici ed importanti sfide a livello ambientale, la salvaguardia del nostro patrimonio culturale acquisisce un'importanza prioritaria e sempre maggiore. Questo lavoro presenta i risultati di una approfondita analisi bibliometrica con lo scopo di esplorare il ruolo della geomatica nei processi di monitoraggio ambientale e di preservazione del patrimonio culturale, tenendo ovviamente conto dei cambiamenti climatici e degli altri rischi connessi.

Tramite l'utilizzo del software VOSviewer sono state create delle mappe basate sui dati ottenuti dalla ricerca bibliografica, al fine di visualizzare le relazioni tra riviste scientifiche, ricercatori e paesi e di analizzare la co-occorrenza di diversi termini legati all'argomento di interesse. Ciò ha permesso, insieme all'analisi approfondita della letteratura pertinente, di esplorare le ricerche, i contributi ed i modelli esistenti in questo campo interdisciplinare, mettendo in evidenza la crescente importanza delle metodologie di monitoraggio ambientale e di valutazione del rischio, sostenute dagli strumenti geomatici, nel contesto della conservazione del patrimonio.

Questa analisi bibliometrica offre preziosi spunti ed approfondimenti sullo stato dell'arte nel settore ed individua aree emergenti di ricerca, rappresentando una risorsa di inestimabile valore per studiosi, policymakers e professionisti impegnati nella conservazione e tutela del patrimonio culturale.

In an era marked by unprecedented climate change and environmental challenges, safeguarding our cultural heritage has gained an overriding importance. This paper conducts a comprehensive bibliometric analysis to deepen the role of geomatics in environmental monitoring and cultural heritage preservation, considering climate change and other risks.

A systematic analysis of the relevant literature has been made, and the VOSviewer software has been used to create maps based on the bibliographic network data to display the relationships among scientific journals, researchers, and countries and to analyze the co-occurrence of different terms connected to the research. In this way, existing studies, contributions and patterns in this interdisciplinary field have been explored, underscoring the growing significance of environmental monitoring and risk assessment methodologies, underpinned by geomatics tools, in the context of heritage conservation.

This bibliometric analysis offers valuable insights into the state of the art in the field and identifies emerging areas of research, serving as a valuable resource for scholars, policymakers, and practitioners dedicated to the preservation and protection of cultural heritage.

1. Introduzione

La conservazione del patrimonio culturale riveste un ruolo di primaria importanza per le società di tutto il mondo. Il patrimonio culturale comprende risorse tangibili (monumenti, edifici storici, paesaggi culturali, siti archeologici, oggetti storici) ed intangibili (conoscenze, arti performative, pratiche sociali, tradizioni orali ed espressioni), ereditate dal passato e create nel corso del tempo dalle persone e/o dalla loro interazione con l'ambiente (Munjeri, 2004). Questo patrimonio offre oggi una vasta diversità di benefici alla società ed all'ambiente, ricoprendo un ruolo importante nello sviluppo economico e nella crescita attraverso l'industria del turismo e la riqualificazione urbana e rurale (Alexandrakis et al., 2019). Tuttavia, di fronte a cambiamenti climatici senza precedenti e ad una serie di rischi antropogenici e naturali, questi inestimabili tesori culturali sono sempre più minacciati (Sesana et al., 2018).

In questo contesto, la geomatica emerge come strumento fondamentale nel processo di indagine e monitoraggio del patrimonio culturale, oltre che della valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici ed altri rischi sullo stesso. La geomatica consente infatti la raccolta, l'analisi e la visualizzazione dei dati spaziali, offrendo preziosi approfondimenti sulle condizioni mutevoli dei siti di interesse (Tucci and Bonora, 2015).

Al fine di ottenere una panoramica sul ruolo della geomatica nella salvaguardia del patrimonio culturale di fronte ai cambiamenti climatici, questo articolo presenta i primi risultati di un'analisi bibliometrica effettuata tramite VOSviewer: si tratta di un software che crea mappe sulla base dei dati bibliografici, rivelando le relazioni tra riviste scientifiche, ricercatori e paesi e analizzando la co-occorrenza dei termini rilevanti (Di Ciaccio and Troisi, 2021). In questo modo è possibile approfondire lo stato dell'arte in merito all'utilizzo degli strumenti geomatici nel monitoraggio e valutazione del rischio del patrimonio culturale.

1.1 Stato dell'arte

Mentre il nostro pianeta affronta gli effetti profondi del cambiamento climatico, dai crescenti livelli di temperatura e del mare a eventi naturali sempre più frequenti e intensi, i siti del patrimonio culturale si trovano in prima linea di vulnerabilità. Allo stesso tempo, fattori antropogenici, tra cui l'urbanizzazione, l'industrializzazione e l'inquinamento, intensificano le minacce che incombono su di essi.

In questo complesso scenario, la geomatica permette non solo di documentare e monitorare i siti del patrimonio, ma anche di prendere decisioni informate riguardo alla loro protezione e preservazione. Alcuni esempi significativi sono presentati di seguito. Il lavoro di Tucci et al. (2019) presenta una caratterizzazione termica di un vigneto terrazzato con muretti a secco nella zona del Chianti (Toscana, Italia) con l'obiettivo di individuare alterazioni microclimatiche indotte dalla loro struttura. I rilievi sono stati effettuati con due camere, una delle quali con sensore termico, montate su un drone aereo, ed hanno prodotto dei risultati che supportano ulteriori sviluppi di questa tecnica di rilievo per lo scopo. Lo studio di Kolokoussis et al. (2021) analizza lo stato di degradazione in riferimento ai siti archeologici dell'isola di Rodi, Grecia. L'integrazione di dati multisensore, quali immagini iperspettrali e modelli 3D ottenuti da dati di camere a diverse risoluzioni combinati a laserscanning, ha permesso l'analisi di tipo di materiale e mappe di degradazione sfruttando un approccio non distruttivo. Gli autori di Mitro et al. (2022) presentano un sistema che include dispositivi IoT (Smart Tags) per l'acquisizione di misure ambientali nei pressi dei monumenti, in modo da facilitarne la trasmissione e dunque agevolare lo studio del tasso di deterioramento e le conseguenti strategie di mitigazione.

Hollesen et al. (2023) propone l'utilizzo di un drone dotato di due camere (RGB e multispettrale/termica) per mappare la zona archeologica di Kujataa, nel sud della Groenlandia. Integrando i risultati con un modello digitale del terreno e mappe NDVI, ottengono informazioni sull'impatto delle attività umane sui siti di interesse e sulla variabilità di composizione del terreno stesso. Il lavoro di Gabriele et al. (2023) analizza il caso studio della Villa Arconati (Milano, Italia) con un approccio multiscala: il primo basato su mappe storiche ed uso dell'indice NDVI per monitorare la trasformazione dell'ambiente circostante, il secondo basato sullo sviluppo di digital twins ottenuti da integrazione multisensore per la scala locale. L'obiettivo è quello di supportare la definizione di pratiche ed allo stesso tempo avere strumenti per sensibilizzare la comunità verso la preservazione del valore del sito.

Con l'obiettivo di monitorare l'impatto dell'innalzamento del livello del mare su siti archeologici costieri e sul turismo marittimo nella zona del New Hampshire (USA), Howey M.C. (2020) combina databases geospaziali storici ed archeologici con modelli di previsione dell'andamento del livello del mare ottenuti con LIDAR per produrre mappe di vulnerabilità della zona. Similarmente, Westley K. et al. (2021) presenta una dettagliata analisi dell'impatto passato e futuro di eventi estremi legati al cambiamento climatico (come erosione e forti mareggiate) sull'ambiente costiero nella zona del Medio Oriente e Nord Africa, effettuata tramite integrazione di dati geospaziali e modelli costieri. Ed ancora, in un recente studio di Martino et al. (2023), l'Isola di Santo Spirito (Venezia, Italia) viene presentata come interessante caso studio in cui l'utilizzo di differenti tecniche geomatiche e l'integrazione di dati multitemporali permette di ricreare e visualizzare digitalmente il territorio d'interesse, con l'obiettivo di monitorare i fenomeni legati al cambiamento climatico che impattano sul patrimonio. L'utilizzo di dati satellitari, aerei e terrestri consente infatti di

ottenere una panoramica completa di tutti i parametri necessari al monitoraggio dell'area.

2. Metodologia

2.1 Analisi bibliometrica

Il software VOSviewer (versione 1.6.16) è stato utilizzato per ottenere i dati dell'analisi bibliometrica della rete che saranno presentati in questo articolo. Questo strumento consente di creare mappe basate su cluster attraverso l'elaborazione dei dati bibliometrici relativi all'argomento di interesse scelto, scaricati da specifici database online (ad esempio, Web of Science, PubMed, Scopus, ecc.), API (ad esempio, Crossref, Semantic Scholar, ecc.) o file di gestori di riferimenti (come RIS, EndNote e RefWorks). L'analisi può essere condotta basandosi su cinque tipi di reti diversi (cioè, co-autorialità, co-occorrenza, citazioni, accoppiamento bibliografico e co-citazione), ciascuno con un insieme di elementi specifici (come autori, organizzazioni o paesi per il fattore di co-autorialità). La Tabella 1 mostra i principali termini tecnici del software. È possibile scegliere l'opzione "Full counting" o "Fractional counting" per assegnare a ciascun collegamento lo stesso peso o un peso proporzionale al numero di elementi (ad esempio, se un documento ha 10 autori, ogni collegamento dell'autore ha un peso di 1/10); è possibile ignorare i documenti con più di n autori, dove n è un numero variabile impostato dall'utente. Le mappe risultanti strutturate in cluster possono essere dimensionate in base a diversi attributi di peso ("Total Link Strength", "numero di documenti", "numero di citazioni"). Per modificare il livello di dettaglio dei risultati e il conseguente numero di cluster visualizzati, è possibile impostare il valore del "parametro di risoluzione" in base alle esigenze dell'utente: un valore elevato significa una risoluzione elevata e quindi un alto numero di cluster.

I risultati preliminari presentati in questo lavoro derivano da una analisi della co-occurrence delle keywords e della co-authorship dei paesi (Tab. 2).

Termine	Descrizione
Item	Oggetto selezionato (e.g., pubblicazioni, organizzazioni, keywords).
Link	Relazione tra due item (e.g., co-occurrence delle keywords).
Link Strength	Valore che definisce l'attributo di ogni link (e.g., nella co-occurrence delle keywords, un alto valore indica alto numero di pubblicazioni che riportano la parola).
Network	Set di items connessi dai link.
Cluster	Set di items della mappa.
Number of links	Numero di links che collegano due items.
Total Link Strength	Quantità di links che collega un item a tutti gli altri.

Tabella 1. Terminologia di utilizzo in VOSViewer (Van Eck and Waltman, 2011).

Tipo di analisi	Descrizione
Co-authorship	La connessione si basa sul numero di pubblicazioni co-autorate
Co-authorship	Definito sulla base del numero di pubblicazioni in cui le due keywords appaiono insieme, anche nel titolo o nell'abstract
Citation	Due items risultano connessi se almeno uno dei due cita l'altro

Tabella 2. Analisi possibili in VOSViewer (Van Eck and Waltman, 2011).

2.2 Acquisizione dei dati bibliometrici

I dati analizzati nel contesto di questo lavoro sono stati raccolti dal database Scopus il 17 agosto 2023. La stringa di ricerca è stata concepita per consentire una revisione completa della letteratura scientifica sul tema ed è la seguente: "cultural heritage" AND "climate change" OR "climate change effect*" OR "CC" AND "geomatics" OR "survey" OR "survey techniques" OR "monitoring" OR "monitoring technique*" OR "remote sensing". Le congiunzioni OR - AND sono operatori logici ed il simbolo "*" è inteso come carattere jolly per tener conto sia della forma singolare che plurale del termine. In prima battuta erano stati inclusi anche gli acronimi "CC" e "CH" con l'obiettivo di estendere la ricerca secondo includendo anche le abbreviazioni comunemente usate per climate change e cultural heritage, ottenendo più di 400 risultati. Tuttavia, proseguendo con l'analisi, è risultato che in più della metà di questi i termini CC e CH erano utilizzati come notazioni chimiche di composti del carbonio; la stringa è stata dunque modificata.

La ricerca ha restituito un totale di 180 documenti, che sono stati esportati in un unico file CSV spuntando le opzioni "Informazioni sulla citazione", "Informazioni bibliografiche", "Abstract & parole chiave" e "Includi riferimenti". Questo file è stato successivamente importato in VOSviewer selezionando le seguenti opzioni: i. Create a map based on bibliographic data, ii. Read data from bibliographic database files, iii. Scopus and iv. file upload, per procedere infine con l'analisi di interesse.

3. Discussione dei risultati

Questa sezione fornisce una descrizione dei risultati preliminari ottenuti dall'analisi bibliometrica. All'analisi temporale del numero di pubblicazioni segue la presentazione delle mappe ottenute dai risultati delle prime due analisi condotte, relative alle reti di parole chiave e di paesi/regioni, al fine di valutare i temi di ricerca attualmente più investigati ed i paesi più attivi nel settore.

3.1 Analisi del trend temporale

Per analizzare la tendenza temporale sui temi d'interesse, è stato creato un grafico che riporta l'anno di pubblicazione di ciascun documento (Figura 1). Si nota che il primo documento relativo all'argomento risale al 2003: la ricerca di Falciai et al. (2003) mirava a valutare l'applicabilità dei sensori a fibra ottica nel campo dell'arte, in particolare per il monitoraggio di pannelli di legno dipinti ed esposti in diverse condizioni ambientali. Una

applicazione più legata alla conservazione del patrimonio culturale che non fa esplicito riferimento agli impatti del cambiamento climatico. È pochi anni dopo che si ha il primo esplicito collegamento con il termine: il paper "Extracting the cultural heritage: new challenges for the underwater archaeologist" (Momber, 2006) analizza le implicazioni del cambiamento climatico nel settore dell'archeologia subacquea, ponendo l'accento su interessanti questioni relative alla possibilità di ottimizzare le modalità di raccolta dati e mappatura delle zone sommerse.

La tendenza di ricerca in questo settore vede un aumento dei contributi a partire dall'anno 2013, in concomitanza con la pubblicazione del contributo del Working Group I al Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Stocker, 2014), e si consolida a partire dal 2015, a seguito del Paris Agreement adottato nello stesso anno nel corso della United Nation Climate Change Conference (COP21) ed entrato in vigore nel 2016. È interessante sottolineare che nello stesso periodo gli Stati membri delle Nazioni Unite adottano la 2030 Agenda for Sustainable Development con i suoi 17 Sustainable Development Goals (Lee et al, 2016), fornendo un ulteriore input verso la ricerca relativa al monitoraggio ed alla conservazione del patrimonio culturale a livello mondiale.

L'anno corrente, sebbene ancora in corso, conferma la tendenza con un numero parziale di 26 pubblicazioni a circa metà del suo svolgimento.

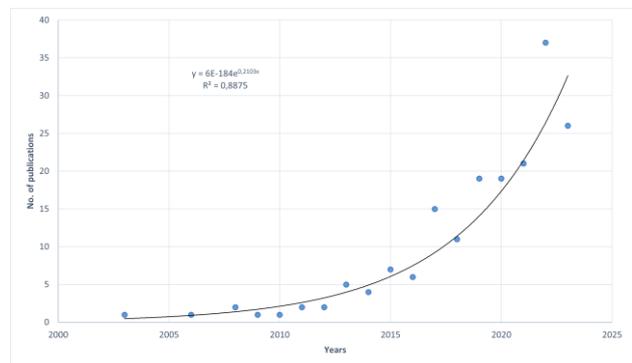


Figura 1. Temporal trend delle pubblicazioni scientifiche relative all'utilizzo della geomatica nell'ambito del monitoraggio, della salvaguardia e della preservazione del patrimonio culturale ed ambientale.

3.2 Analisi della co-occurrence delle parole chiave

L'analisi della co-occorrenza delle parole chiave ha prodotto 1734 risultati, filtrati secondo il numero minimo di occorrenze della singola keyword (posto arbitrariamente pari a 3) per un totale di 153 termini. A questo punto è stato settato un numero di iterazioni pari a 20 ed una dimensione minima del cluster di 14 items (la cui dimensione rappresenta la frequenza di occorrenza), da cui è stata ottenuta la finale suddivisione delle keywords in 6 cluster (Fig. 2).

Analizzando i cluster possono essere fatte alcune semplici considerazioni sulle tematiche più largamente trattate in cui la geomatica ricopre un ruolo attivo fondamentale. Il primo cluster (in rosso) include 39 parole chiave, tra le quali "air quality", "climate effect", "built heritage", "historic buildings", "italy" ed "environmental monitoring": ciò indica un focus sul cambiamento climatico e sui suoi impatti sul patrimonio culturale tangibile ed intangibile, con particolare attenzione all'ambiente ed agli edifici storici.

Il secondo cluster (in verde) contiene un totale di 31 parole chiave, tra cui spiccano parole quali "natural heritages", "risks assessment", "photogrammetry" e "terrestrial laser scanning" che danno una idea delle tecniche di monitoraggio maggiormente utilizzate per gli scopi d'interesse. Il terzo cluster (in blu) comprende 33 parole chiave e si focalizza principalmente sull'ambiente marino e costiero, come evidenziato dai termini "sea level", "coastal zone", "storms", "coastal erosion" e "preventing conservation".

Il quarto cluster, in giallo, è composto da 20 elementi e tratta l'aspetto ingegneristico di previsione e mitigazione dei rischi ("risk analysis", "hazards", "environmental protection", etc.); nel quinto invece termini quali "gis", "satellite images" e "archaeology" rimandano all'utilizzo di tecniche di remote sensing per il monitoraggio a larga scala di aree urbane ed estese. Il sesto cluster, infine, sposta il focus sulla biodiversità e sugli impatti futuri dei rischi legati al cambiamento climatico sulla sua conservazione ("ecology", "biodiversity", "preservation").

Le prime 15 keywords ordinate per "Total Link Strength (TLS)" sono elencate nella Tabella 3, avendo ommesso quelle presenti nella stringa di ricerca originale. Le keywords che si posizionano più in alto riflettono dunque gli argomenti più correlati tra di loro nell'ambito di ricerca selezionato. L'alto valore di TLS dimostra l'esistenza di una concreta interconnessione tra i diversi settori di ricerca, evidenziando il ruolo fondamentale della geomatica a livello multidisciplinare.

Keyword	Occurrences	TLS
Historic preservation	33	257
Risk assessment	25	192
Archaeology	27	188
Floods	16	155
Decision making	13	113
Heritage conservation	13	113
Environmental monitoring	14	110
Sustainable development	14	107
Vulnerability	10	97
Conservation	12	90
Sea level change	10	84
Coastal zone	8	82
Climate effect	8	81
Adaptive management	8	75
Future prospect	5	72

Tabella 3. Elenco delle prime quindici keywords ordinate per Total Link Strength.

La Figura 3 riporta la stessa mappa cui viene sovrapposto un overlay temporale, in modo da valutare la tendenza di utilizzo delle keywords nel corso degli anni: è interessante evidenziare le più recenti, in giallo (i.e., "natural heritages", "disasters", "deep learning", "heritage buildings" e "3d modeling", da cui è possibile identificare gli argomenti su cui viene attualmente posta la maggiore attenzione, dando spazio a spunti di riflessione su possibili sviluppi futuri che possano far leva sulla

sinergia tra metodi tradizionali e nuove tecnologie (Bakirman et al. 2023).

3.3 Analisi della co-authorship dei paesi

Per analizzare la rete di collaborazioni internazionali tra paesi/regioni attivi nel settore, è stata effettuata un'analisi di co-authorship. Impostando arbitrariamente un numero minimo di pubblicazioni pari a 3 ed un numero minimo di citazioni pari a 10, sono stati selezionati 21 paesi in totale. La Tabella 4 riporta i primi 5 ordinati per Total Link Strength.

Dall'analisi dei risultati l'Italia risulta essere il paese più attivo nella ricerca inerente allo studio degli effetti del cambiamento climatico sul patrimonio storico e sull'ambiente tramite tecniche geomatiche, con il più alto numero di documenti pubblicati (56), citazioni ottenute (450) e TLS (33).

Seguono, secondo tutti e tre i criteri, il Regno Unito e gli Stati Uniti d'America. Nell'elenco completo è lampante la scarsa presenza di paesi in via di sviluppo, il che denota una difficoltà molto marcata da parte loro nel dialogare con le ulteriori sfide poste dai cambiamenti climatici (Pérez-Peña et al, 2021).

Country	Documents	Citations	TLS
Italy	56	450	33
UK	33	373	31
USA	18	209	16
Germany	13	121	14
Spain	13	86	12

Tabella 4. Elenco dei primi cinque paesi ordinati per Total Link Strength.

La Figura 6 mostra i risultati dell'analisi da un punto di vista temporale, permettendo dunque di notare non solo le interconnessioni presenti tra di loro, ma anche quali sono quelli che più di recente hanno approcciato le tematiche di rischio, tutela e conservazione del patrimonio culturale ed ambientale, come l'Egitto e la Cina.

4. Conclusioni

I cambiamenti climatici rappresentano una significativa sfida globale che sta trasformando rapidamente le condizioni ambientali del nostro pianeta. Gli impatti dell'aumento delle temperature, dell'innalzamento del livello del mare, degli eventi meteorologici estremi unitamente a fattori antropogenici (urbanizzazione, inquinamento, turismo, etc) accentuano significativamente la vulnerabilità del patrimonio culturale.

La salvaguardia del patrimonio culturale è diventata una sfida sempre più intricata e urgente, che richiede quindi un approccio completo che includa documentazione, valutazione, monitoraggio e preservazione in un sinergico approccio allo sviluppo di strategie future. In questo contesto è innegabile il ruolo attivo e fondamentale della geomatica.

Attraverso un'analisi della letteratura, i primi risultati dell'analisi bibliometrica presentata in questo documento vogliono contribuire all'identificazione di tendenze emergenti, aree di ricerca e metodologie innovative e principali attori coinvolti in questa direzione, per porre l'attenzione sulle complesse sfide e sulle promettenti strategie da adottare per salvaguardare il nostro patrimonio culturale.

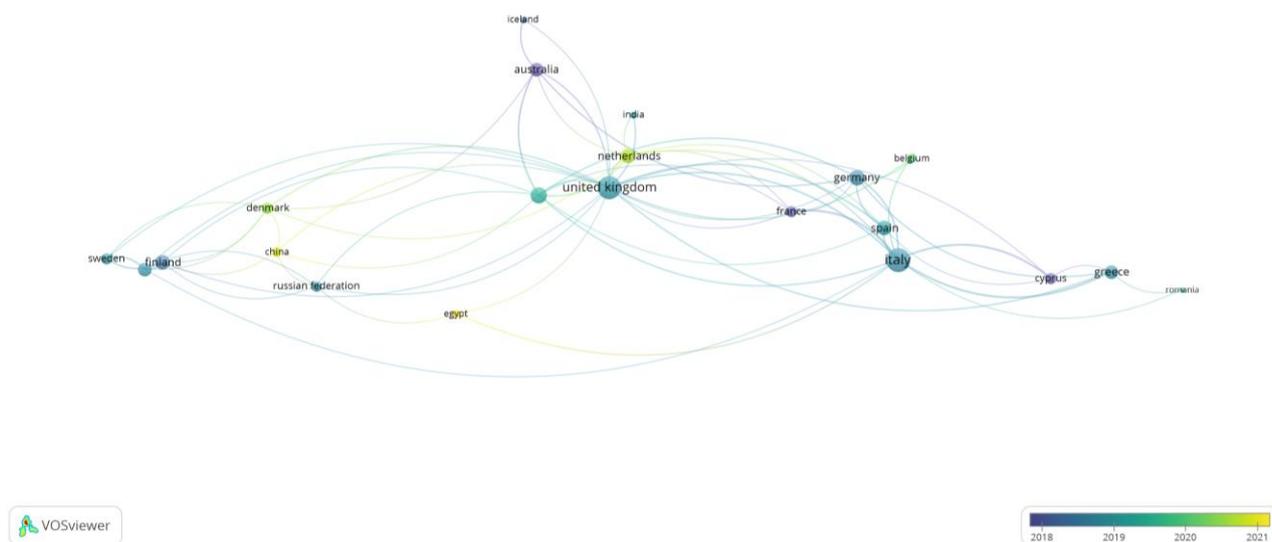


Figura 4. Overlay temporale della mappa delle connessioni ottenuta dall'analisi della co-occurrence dei Paesi.

Bibliografia

Alexandrakis, G., Manasakis, C., & Kampanis, N. A. (2019). Economic and societal impacts on cultural heritage sites, resulting from natural effects and climate change. *Heritage*, 2(1), 279-305.

Bakirman, T., Kulavuz, B., & Bayram, B. (2023). Use of Artificial Intelligence Toward Climate-neutral Cultural Heritage. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 89(3), 163-171.

Di Ciaccio, F., & Troisi, S. (2021). Monitoring marine environments with autonomous underwater vehicles: a bibliometric analysis. *Results in Engineering*, 9, 100205.

Falciai, R., Trono, C., Lanterna, G., & Castelli, C. (2003, July). FBG sensors for painted wood panel deformation monitoring. In *Smart Structures and Materials 2003: Smart Sensor Technology and Measurement Systems* (Vol. 5050, pp. 128-132). SPIE.

Gabriele, M., Cazzani, A., Zerbi, C. M., & Brumana, R. (2023). DIGITAL TWIN TO MONITOR, UNDERSTAND AND PRESERVE THE COMPLEXITY OF MULTI-SCALE NATURAL, AGRICULTURAL, DESIGNED LANDSCAPES AND ARCHITECTURE: BIODIVERSITY CONSERVATION, TRANSFORMATION AND DECLINE AT VILLA ARCONATI SITE AT CASTELLAZZO OF BOLLATE (MI). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 613-620.

Hollesen, J., Jepsen, M. S., & Harmsen, H. (2023). The Application of RGB, Multispectral, and Thermal Imagery to Document and Monitor Archaeological Sites in the Arctic: A Case Study from South Greenland. *Drones*, 7(2), 115.

Howey, M. C. (2020). Harnessing remote sensing derived sea level rise models to assess cultural heritage vulnerability: a case

study from the northwest Atlantic Ocean. *Sustainability*, 12(22), 9429.

Kolokoussis, P., Skamantzari, M., Tapinaki, S., Karathanassi, V., & Georgopoulos, A. (2021). 3D and hyperspectral data integration for assessing material degradation in medieval masonry heritage buildings. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 583-590.

Lee, B. X., Kjaerulf, F., Turner, S., Cohen, L., Donnelly, P. D., Muggah, R., ... & Gilligan, J. (2016). Transforming our world: implementing the 2030 agenda through sustainable development goal indicators. *Journal of public health policy*, 37, 13-31.

Martino, A., Gerla, F., & Balletti, C. (2023). MULTI-SCALE AND MULTI-SENSOR APPROACHES FOR THE PROTECTION OF CULTURAL NATURAL HERITAGE: THE ISLAND OF SANTO SPIRITO IN VENICE. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 1027-1034.

Mitro, N., Krommyda, M., & Amditis, A. (2022). Smart Tags: IoT sensors for monitoring the micro-climate of cultural heritage monuments. *Applied Sciences*, 12(5), 2315.

Momber, G. (2006). Extracting the cultural heritage: new challenges for the underwater archaeologist. *Underwater Technology*, 26(4), 105-111.

Munjeri, D. (2004). Tangible and intangible heritage: From difference to convergence. *Museum international*, 56(1-2), 12-20.

Pérez-Peña, M. D. C., Jiménez-García, M., Ruiz-Chico, J., & Peña-Sánchez, A. R. (2021). Analysis of research on the sdgs: The relationship between climate change, poverty and inequality. *Applied Sciences*, 11(19), 8947.

Sesana, E., Gagnon, A. S., Bertolin, C., & Hughes, J. (2018). Adapting cultural heritage to climate change risks: Perspectives of cultural heritage experts in Europe. *Geosciences*, 8(8), 305.

Stocker, T. (Ed.). (2014). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge university press.

Tucci, G., & Bonora, V. (2015). Geomatics and management of at-risk cultural heritage. *Rendiconti Lincei*, 26, 105-114.

Tucci, G., Parisi, E. I., Castelli, G., Errico, A., Corongiu, M., Sona, G., ... & Preti, F. (2019). Multi-sensor UAV application for thermal analysis on a dry-stone terraced vineyard in rural Tuscany landscape. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(2), 87.

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2011). *VOSviewer manual*. Manual for VOSviewer version, 1(0).

Westley, K., Andreou, G., El Safadi, C., Huigens, H. O., Nikolaus, J., Ortiz-Vazquez, R., ... & Breen, C. (2021). Climate change and coastal archaeology in the Middle East and North Africa: Assessing past impacts and future threats. *JICA*.