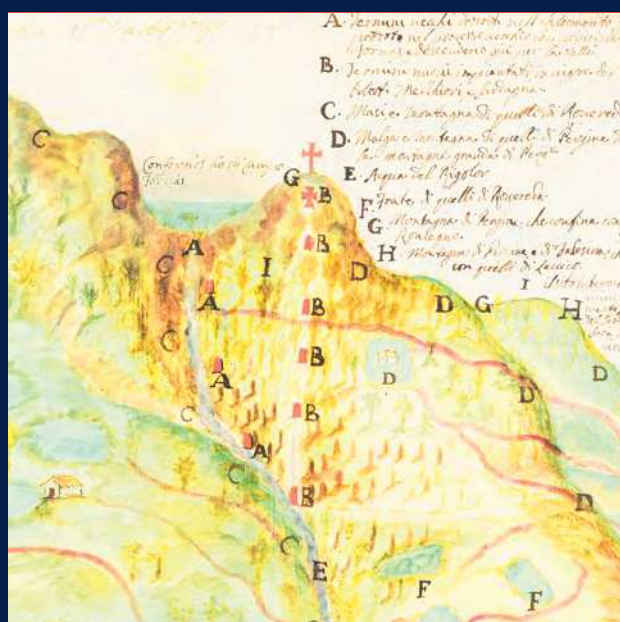


Biografie di paesaggi boschivi

Nuove ricerche di geografia e storia

a cura di
Giovanni Cristina e Nicola Gabellieri



VIELLA

I libri di Viella

553

Biografie di paesaggi boschivi

Nuove ricerche di geografia e storia

a cura di
Giovanni Cristina e Nicola Gabellieri

viella

Copyright © 2025 - Viella s.r.l.
Tutti i diritti riservati
Prima edizione: settembre 2025
ISBN 979-12-5701-046-1
ISBN 979-12-5701-049-2 (ebook)
DOI <https://doi.org/10.52056/9791257010492>

La presente pubblicazione è finanziata dall'Unione europea – Next Generation EU, Missione 4 Componente 2, nell'ambito del bando PRIN 2022, progetto *Bridging geography and history of woodlands: analysing mountain wooded landscapes through multiple sources and historical GIS* (2022EKECST) – CUP E53D23010170006



BIOGRAFIE

di paesaggi boschivi : nuove ricerche di geografia e storia / a cura di Giovanni Cristina e Nicola Gabellieri. - Roma : Viella, 2025. - 288 p. : ill., carte geografiche ; 21 cm. - (I libri di Viella ; 553)

ISBN 979-12-5701-046-1

eISBN 979-12-5701-049-2

I. Boschi - Geografia [e] Storia - Ricerca - Metodi

I. Cristina, Giovanni

II. Gabellieri, Nicola

333.75 (DDC WebDewey)

Scheda bibliografica: Biblioteca Fondazione Bruno Kessler



viella

libreria editrice

via delle Alpi, 32

I-00198 ROMA

tel. 06 84 17 758

fax 06 85 35 39 60

www.viella.it

Indice

NICOLA GABELLIERI, GIOVANNI CRISTINA Introduzione: il perché e il come di un approccio biografico ai paesaggi boschivi	7
<i>I. Geografia e storia del bosco: metodi e prospettive</i>	
ROBERTA CEVASCO, ELENA DAI PRÀ, NICOLA GABELLIERI, DIEGO MORENO, VITTORIO TIGRINO Boschi e risorse: nuove prospettive tra ambiente, geografia, storia e archeologia	23
ANGELO BESANA, REBEKKA DOSSCHE, NICOLA GABELLIERI, PAOLO ZATELLI Historical GIS, spazializzazione dei dati e storia dei paesaggi boschivi	39
NICOLA GABELLIERI Il bosco in Italia tra politiche del patrimonio, sviluppo agroforestale e programmazione ambientale	63
<i>II. Tra Alpi e Appennini: documenti, carte e terreno</i>	
FEDERICO GESTRI La contesa sul bosco di Cadino in Val di Fiemme tra XVIII e XX secolo	87
GIULIA BELTRAMETTI Boschi come luoghi comuni. Un caso studio in Val d'Aveto (Appennino ligure, XVIII-XX sec.)	111
STEFANO PIASTRA I cantieri forestali come laboratorio politico. L'Appennino faentino tra secondo dopoguerra e boom economico	137

FRANCESCA LEMMI

- Il bosco come risorsa, il bosco come patrimonio:
documentare l'archeologia rurale dei boschi trentini 159

VINCENZO COLAPRICE

- Un Historical GIS per la ricostruzione della copertura boschiva
tra Val Trebbia e Val d'Aveto (Liguria, XIX-XXI sec.) 181

ETTORE SARZOTTI

- Uso e copertura del suolo dal Catasto asburgico (XIX sec.):
vettorializzazione della carta storica 205

III. *Paesaggi boschivi e progetto tra storia e attualità*

FILIPPO GALLETTI, ANGELO BESANA, NICOLA GABELLIERI,
STEFANO PIASTRA, GIACOMO ZANOLIN

- La Giornata Nazionale degli Alberi e i docenti in servizio
della scuola primaria: una ricerca esplorativa 225

ROBERTO BOBBIO, GIUSEPPE CILLIS, FABIO PALAZZO, GIORGIA TUCCI

- Paesaggi boschivi e servizi ecosistemici:
metodi integrati per la gestione forestale in Liguria 245

REBEKKA DOSSCHE, ROBERTA CEVASCO, NICOLA GABELLIERI

- Riflessioni per nuove politiche territoriali di gestione
delle risorse boschive 271

ANGELO BESANA, REBEKKA DOSSCHE, NICOLA GABELLIERI,
PAOLO ZATELLI

Historical GIS, spazializzazione dei dati e storia dei paesaggi boschivi

1. Introduzione

Come in molti altri settori della ricerca sullo spazio diacronico,¹ anche nell'ambito degli studi di storia del bosco l'introduzione dei Sistemi Informativi Geografici (GIS) può essere considerata un momento di svolta.

In termini generali, l'espressione GIS indica quegli applicativi che consentono di gestire, visualizzare e interrogare dati geolocalizzati.² Il loro impiego per la lettura diacronica dello spazio, tramite integrazione di diverse fonti geostoriche, risale ai primi anni Novanta del Novecento;³ nello specifico, gli Historical GIS (HGIS) sono stati definiti come «quei progetti di ricerca interdisciplinare che integrano i più avanzati metodi e strumenti delle scienze dell'informazione geografica con le fonti e gli interrogativi della ricerca geostorica e storica, al fine di enfatizzare l'importanza dei contesti e delle relazioni spaziali per la comprensione delle dinamiche storiche».⁴ In questo senso, gli HGIS ben si prestano a supportare ricostruzioni della copertura e dell'uso del suolo attraverso l'implementazione in modalità in-

1. Luisa Migliorati, *Lo spazio diacronico: elementi di riflessione sull'uso del suolo attraverso i secoli*, in «Semestrale di studi e ricerche di geografia», 2 (2015), pp. 129-142.

2. Peter Alan Burrough, *Principles of Geographic Information Systems for Land Resource Assessment*, Oxford, Clarendon Press, 1986.

3. Ian N. Gregory, *A Place in History: A Guide to Using GIS in Historical Research*, Oxford, Oxbow, 2002; Anne Jelly Knowles, *Past Time, Past Place: GIS for Historians*, Redlands, ESRI, 2002.

4. Massimiliano Grava, Camillo Berti, Nicola Gabellieri, Arturo Gallia, *Historical GIS. Strumenti digitali per la geografia storica in Italia*, Trieste, Edizioni Università di Trieste EUT, 2020, p. 3.

formatica di metodi propri della ricerca geostorica, come il filtraggio cartografico⁵ che permette di rilevare e analizzare i cambiamenti della copertura vegetale di un territorio in prospettiva diacronica. L'ambiente GIS consente, infatti, la sovrapposizione di distinti layer cartografici, l'integrazione tra dati topografici e di attributo (testuali, numerici, fotografici, ecc.), la loro analisi quantitativa e qualitativa attraverso differenti tecniche e strumenti, in modo da offrire una lettura spaziale dei dati e risposte coerenti a diverse domande fondate sulla loro dimensione temporale.⁶

Nonostante le molteplici funzionalità offerte dai GIS e le potenzialità evidenziate dalla letteratura specializzata, l'impiego di questi particolari sistemi informativi nel trattamento delle fonti proprie della geografia storica, siano esse documentarie o di terreno, continua a incontrare alcune criticità di cui occorre tener conto nell'indagine analitica e nella valutazione dei risultati, così come sperimentato direttamente anche nel presente lavoro e di seguito descritto nei suoi contenuti e aspetti sostanziali.

Nel progetto di ricerca, di cui questo volume costituisce uno dei prodotti finali, si è fatto per l'appunto ampio uso di dette procedure e tecnologie al fine di spazializzare tracce e informazioni individuate durante le indagini, consentirne la condivisione e agevolare il dialogo tra specialisti e specialiste di differenti discipline, sperando metodologie innovative o integrando procedimenti già applicati in altri contesti.

Nel presente capitolo, pertanto, saranno illustrate sia le fonti effettivamente impiegate negli studi che seguono, sia quelle potenzialmente utilizzabili per un'analisi di ecologia e geografia storica dei paesaggi bo-

5. Il metodo del filtraggio cartografico è stato sviluppato proprio per valutare i cambiamenti della copertura vegetale avvenuti nel tempo e prevede la lettura comparativa e regressiva di una sequenza di documenti cartografici rilevati e redatti in date diverse che rappresentano uno stesso sito o area, ai fini della ricostruzione alla scala locale delle dinamiche storiche della copertura vegetale/uso del suolo in un arco di tempo considerato, evidenziando continuità e discontinuità. La trasposizione in ambiente GIS del procedimento ha aperto nuove prospettive verso un utilizzo integrato di fonti diverse e una stima quantitativa delle trasformazioni territoriali: Roberta Cevasco, *Memoria verde. Nuovi spazi per la geografia*, Reggio Emilia, Diabasis, 2007, pp. 74-83; Anna M. Stagno, *Mapas historicos y gestion de los recursos ambientales. La filtracion cartografica de area y el caso de Riomaggiore (Cinque terre, Italia)*, in «Investigaciones geograficas», 53 (2010), pp 189-215; Grava, Gabellieri, Berti, Gallia, *Historical GIS*, pp. 19-27.

6. Gad Schaffer, Noam Levin, *Challenges and Possible Approaches for Using GIS as a Tool in Historical Geography Landscape Research: A Meta-analysis Review*, in «e-Perimetron», 10, 3 (2015), pp. 94-123.

schivi allo scopo di presentare e condividere una strategia di lavoro applicabile anche in altri contesti, con particolare attenzione alla documentazione testuale, iconografica, cartografica e di terreno. Proprio in vista del processamento delle fonti per l'estrazione e la gestione di dati geostorici, l'ultimo paragrafo è dedicato a presentare i più recenti metodi e approcci di digitalizzazione e vettorializzazione automatica di cartografie storiche che aprono nuovi fronti di sviluppo qualitativo e quantitativo del lavoro. Inoltre si evidenziano le prospettive che l'utilizzo di HGIS può aprire in ambito pubblico e applicativo nella facilitazione della divulgazione dei risultati delle ricerche e nella condivisione estesa dei dati.

2. La prospettiva zenitale: dalle ortofoto alla cartografia storica

La possibilità di organizzare su base spaziale e rapportare tra loro dati di differente tipo rende queste tecnologie un utile mezzo per agevolare la costruzione di biografie di paesaggi.⁷

Una delle fonti privilegiate per ricostruire la storia della copertura boschiva è costituita dalle foto satellitari e aeree, come quelle dei voli GAI 1954-1955 e RER 1976-1978, che offrono la copertura omogenea per l'intero territorio italiano. Attraverso l'ortorettifica e la fotointerpretazione di questo tipo di immagini è possibile ottenere un'adeguata raccolta di dati digitali e georiferiti riguardanti i cambiamenti della copertura del suolo in un arco significativo di tempo, per quanto limitato alla seconda metà del Novecento. Ci sono, infatti, numerosi studi che analizzano i cambiamenti nella copertura vegetale del suolo, i tassi di rinaturalizzazione o deforestazione e l'evoluzione del limite altitudinale dei boschi utilizzando a tale proposito questo riferimento documentario.⁸

7. Niels Dabaut, Francesco Carrer, *Historic Landscape Characterisation: Technical Approaches Beyond Theory*, in «Landscapes», 21, 2 (2020), pp. 152-167; *Routledge Handbook of Landscape Character Assessment: Current Approaches to Characterisation and Assessment*, a cura di Graham Fairclough, Ingrid Sarlöv Herlin e Carys Swanwick, London, Routledge, 2018; Rita Hermans, Jan Kolen, Hans Renes, *Landscape biographies*, Amsterdam, Amsterdam University Press, 2014; Nico Roymans, Fokke Gerritsen, Cor van der Heijden, Koos Bosma, Jan Kolen, *Landscape Biography as Research Strategy: The Case of the South Netherlands Project*, in «Landscape Research», 34, 3 (2009), pp. 337-359.

8. Joy Nystrom Mast, Thomas T. Veblen, Michael E. Hodgson, *Tree Invasion within a Pine/Grassland Ecotone: An Approach with Historic Aerial Photography and GIS Modeling*,

Un'altra importante fonte informativa – e probabilmente la più utilizzata – è costituita dalla cartografia storica, che consente di ampliare il ventaglio della regressione temporale almeno fino ad inizio Ottocento.⁹ Come è noto, per poter essere efficacemente utilizzata in un Historical GIS la fonte cartografica deve avere ben definite caratteristiche in termini metrici e di proiezione cartografica per consentire utilmente l'adozione delle procedure di georeferenziazione,¹⁰ ri-proiezione e digitalizzazione. A questo proposito, una delle documentazioni più diffuse negli studi di storia del bosco è quella relativa alla cartografia di origine catastale. Al riguardo, limitando i riferimenti bibliografici all'ambito nazionale, alcuni studi compiuti in Toscana e in Trentino-Alto Adige hanno proficuamente evidenziato le dinamiche di cambiamento nell'estensione e composizione della copertura boschiva grazie all'utilizzo delle carte del Catasto del Granducato di Toscana (1834) e del Catasto fondiario austriaco (1853-1862).¹¹ La fonte catastale può infatti

in «Forest Ecology and Management», 93, 3 (1997), pp. 181-194; Marco Ciolli, Matteo Serafini, Clara Tattoni, *Storia della copertura forestale nel Parco di Paneveggio Pale di S. Martino*, in «Dendronatura», 1 (2007), pp. 9-15; Hanna Lundmark, Lars Östlund, Torbjörn Josefsson, *Continuity Forest or Second-generation Forest? Historic Aerial Photos Provide Evidence of Early Clear-cutting in Northern Sweden*, in «Silva Fennica», 55, 1 (2021), 10460, <<https://www.silvafennica.fi/article/10460>>; Francesco Piras, Antonio Santoro, Federica Romano, Mauro Agnoletti, *The VASA (Historical and Environmental Evaluation) Multitemporal Approach for the Analysis and Assessment of Rural Landscape Transformations*, in «Landscape Ecology», 40, 3 (2025), pp. 1-22; Nica Huber, Matthias Bürgi, Christian Ginzler, Birgit Eben, Andri Baltensweiler, Bronwyn Price, *Historical Habitat Mapping from Black-and-white Aerial Photography: A Proof of Concept for Post World War II Switzerland*, in «International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation», 138 (2025), 104464, <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569843225001116>>.

9. Schaffer, Levin, *Challenges and Possible Approaches*; Giuseppe Cillis, Dina Statuto, Pietro Picuno, *Historical GIS as a Tool for Monitoring, Preserving and Planning Forest Landscape: A Case Study in a Mediterranean Region*, in «Land», 10, 8 (2021), 851, <<https://www.mdpi.com/2073-445X/10/8/851>>; Elena Dai Prà, Nicola Gabellieri, *Geostoria applicata del bosco e fonti cartografiche geodetiche e pre-geodetiche: casi studio di foreste trentine colpite dalla tempesta Vaia*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 173 (2021), pp. 16-30.

10. Andrea Favretto, *Georeferencing Historical Cartography: A Quality-Control Method*, in «Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization», 47, 3 (2012), pp. 161-167.

11. Clara Tattoni, Marco Ciolli, Fabrizio Ferretti, Maria Giulia Cantiani, *Monitoring Spatial and Temporal Pattern of Paneveggio Forest (Northern Italy) from 1859 to 2006*, in «iForest-Biogeosciences and Forestry», 33 (2010), 72, pp. 72-80; Dai Prà, Gabellieri, *Geostoria applicata del bosco*; Federico Anichini, Simone Basile, Giulia Gattiglia, Bar-

offrire informazioni a scala topografica, con una ricchezza informativa riguardante uso e copertura del suolo, struttura spaziale delle particelle, toponomastica e proprietà fondiaria. In particolare, le mappe del Catasto fondiario asburgico, o “Franceschino”, ben si prestano, grazie alla grande scala cartografica e alla varietà di cromatismi e simboli, ad essere utilizzate per la ricostruzione degli usi del suolo, come dimostrato dalla loro sperimentazione anche in numerosi altri casi studio in tutta l’Europa centrale.¹²

Diversa è, invece, la documentazione tipicamente utilizzata per quelle aree in cui le fonti catastali ottocentesche non sono disponibili, come per il territorio dell’attuale Liguria. In questo caso, numerose ricerche sono state basate sulla cartografia di origine militare quale quella prodotta dal Corpo topografico dell’Esercito del Regno di Sardegna. La copertura boschiva, infatti, costituiva un elemento territoriale di interesse sia strategico che tattico, capace di condizionare la visibilità e il movimento delle truppe, oltre che il tiro dell’artiglieria, tanto da giustificare una riproduzione piuttosto accurata sulle carte militari.¹³ Un altro riferimento imprescindibile, per quanto relativamente vicino nel tempo, risulta essere la Carta Forestale del Regno d’Italia, realizzata nel 1936 dalla Milizia Forestale su base IGM.¹⁴ Nonostante sia di medio/piccola scala, questa documentazione costituisce un riferimento fondamentale grazie alle informazioni che si possono ricavare in relazione all’estensione della copertura forestale e ai popolamenti arborei presenti.

bara Marcucci, Carla Sciuto, *L’uso del catasto ferdinando-leopoldino per la lettura del paesaggio apuano versiliese della prima metà del XIX secolo*, in «ArcheoLogica Data», 4, 1 (2024), pp. 15-28.

12. Péter Szabó, Silvie Suchánková, Lucie Křížová, Martin Kotačka, Martina Kvardová, Martin Macek, Jana Müllerová, Rudolf Brázdil, *More Than Trees: The Challenges of Creating a Geodatabase to Capture the Complexity of Forest History*, in «Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History», 51, 3 (2018), pp. 175-189; Ivan Tekić, *Forestry and Traditional Woodland Management in North Dalmatia c. 1790 to 1990: An Environmental History*, PhD Dissertation, Nottingham, University of Nottingham, 2019.

13. Enrico Gabrielli, *Saggio di confronto cartografico per l’esame delle variazioni storiche della copertura vegetale in Alta Val Trebbia (1973-1995)*, in «Archeologia Postmedievale», 6 (2002), pp. 133-143; Roberta Cevasco, *Dall’uso del suolo alle pratiche locali: cartografia topografica storica e pianificazione*, in «Semestrale di studi e ricerche di geografia», 2 (2010), pp. 105-120; Stagno, *Mapas históricos*.

14. Fabrizio Ferretti, Chiara Sboarina, Clara Tattoni, Alfonso Vitti, Paolo Zatelli, Francesco Geri, Enrico Pompei, Marco Ciolli, *The 1936 Italian Kingdom Forest Map Reviewed: A Dataset for Landscape and Ecological Research*, in «Annals of Silvicultural Research», 42, 1 (2018), pp. 3-19.

Rispetto a queste tipologie di documentazione il metodo appare abbastanza consolidato e si basa su un flusso di lavoro che comprende la scansione dell'immagine della carta, la georeferenziazione su base attuale (attraverso un numero sufficiente di punti di controllo), l'analisi cartometrica (per valutarne l'accuratezza geometrica), la vettorializzazione e, infine, la classificazione degli elementi cartografici originari con la costruzione del relativo dataset di attributi.¹⁵ Il livello informativo storico può così essere proficuamente comparato con altri strati informativi di epoche diverse, comprese le cartografie attuali disponibili sui vari geoportali regionali, attraverso le funzioni di *layering* e di analisi spaziale.

La maggiore criticità in questo ambito è costituita dal fatto che l'attività di vettorializzazione, soprattutto nel caso di documentazione catastale, risulta spesso essere un'operazione di non semplice impostazione e altamente *time-consuming* per il suo completamento, al punto tale che il suo utilizzo si limita spesso a casi di studio alla scala micro o meso-regionale. Per tale ragione, la sperimentazione di procedure automatiche o semi-automatiche per la vettorializzazione e la classificazione di carte storiche, capaci di rendere speditivo il lavoro anche per più ampi contesti spaziali, è ancora oggi un importante campo di ricerca applicata, con promettenti prospettive¹⁶ per le implementazioni dell'intelligenza artificiale in ambiente GIS.¹⁷ L'ultimo paragrafo di questo capitolo è dedicato a un approfondi-

15. Grava, Berti, Gabellieri, Gallia, *Historical GIS*, pp. 19-27.

16. Paolo Zatelli, Stefano Gobbi, Clara Tattoni, Nicola La Porta, Marco Ciolli, *Object-based Image Analysis for Historic Maps Classification*, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», 42 (2019), pp. 247-254; Stefano Gobbi, Marco Ciolli, Nicola La Porta, Duccio Rocchini, Clara Tattoni, Paolo Zatelli, *New Tools for the Classification and Filtering of Historical Maps*, in «ISPRS International Journal of Geo-Information», 8, 10 (2019), 455, <<https://www.mdpi.com/2220-9964/8/10/455>>; Paolo Zatelli, Nicola Gabellieri, Angelo Besana, *Digitalization and Classification of Cesare Battisti's Atlas of 1915*, in «ISPRS International Journal of Geo-Information», 11, 4 (2022), 238, <<https://www.mdpi.com/2220-9964/11/4/238>>; Yizi Chen, Joseph Chazalon, Edwin Carlinet, Minh Ôn Vũ Ngoc, Clément Mallet, Julien Perret, *Automatic Vectorization of Historical Maps: A Benchmark*, in «Plos one», 19, 2 (2024), e0298217, <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298217>>; Xue Xia, Tao Zhang, Magnus Heitzler, Lorenz Hurni, *Vectorizing Historical Maps with Topological Consistency: A Hybrid Approach Using Transformers and Contour-Based Instance Segmentation*, in «International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation», 129 (2024), 103837, <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569843224001912>>.

17. Chiang Yao-Yi Chiang, Muhao Chen, Weiwei Duan, Jina Kim, Craig A. Knoblock, Stefan Leyk, Zekun Li, Yijun Lin, Min Namgung, Basel Shbita, Johannes H. Uhl, *GeoAI*

mento tecnico sugli attuali strumenti di digitalizzazione e di classificazione semi-automatica e automatica di carte storiche.

L'utilizzo del dato cartografico-storico, per quanto fondamentale e imprescindibile, non può però essere considerato l'unica via per ricostruire un HGIS del bosco. Infatti, sono da tenere in conto varie limitazioni di questi studi. In primo luogo, i già citati necessari limiti cronologici legati all'utilizzo di carte storiche geometriche e zenitali, raramente disponibili per contesti temporali pre-ottocenteschi. Come hanno puntualizzato Laurent Bergès e Jean-Luc Dupouey o Péter Szabó, questo ha costretto a restringere in molti studi la storia della copertura vegetale a una profondità di non oltre due secoli, trascurando carte prospettiche non georeferenziali come i cabrei settecenteschi.¹⁸ In secondo luogo, occorre tenere conto della limitatezza di categorie informative relative alle fonti. Le conoscenze al riguardo spesso concernono la sola estensione, con pochi approfondimenti sulla sua composizione o varietà. Anche la fonte catastale, basata sulla categoria di "uso del suolo", risente della terminologia amministrativa e spesso è insufficiente per qualificare pienamente la stagionalità di spazi complessi o gli usi multipli che potevano interessare la singola particella boschiva.¹⁹ Infine, come hanno notato Paola Branduini e Mauro Varotto,²⁰ l'esclusivo utilizzo di fonti cartografiche o aerofotogrammetriche corre il rischio di attribuire eccessivo interesse alla prospettiva zenitale, con il rischio di non considerare altre fonti e concentrarsi troppo sulla dimensione visiva del paesaggio a scapito di informazioni fondamentali come le pratiche produttive rurali che lo hanno effettiva-

for the Digitization of Historical Maps, in *Handbook of Geospatial Artificial Intelligence*, a cura di Song Gao, Yingjie Hu e Wenwen Li, Boca Raton, CRC Press., 2023, pp. 217-247.

18. Laurent Bergès, Jean-Luc Dupouey, *Historical Ecology and Ancient Forests: Progress, Conservation Issues and Scientific Prospects, with Some Examples from the French Case*, in «Journal of Vegetation Science», 32, 1 (2021), e12846, <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jvs.12846>>; Péter Szabó, *Driving Forces of Stability and Change in Woodland Structure: A Case-study from the Czech Lowlands*, in «Forest Ecology and Management», 259, 3 (2010), pp. 650-656.

19. Diego Moreno, Osvaldo Raggio, *Dalla storia del paesaggio agrario alla storia rurale. L'irrinunciabile eredità scientifica di Emilio Sereni*, in «Quaderni storici», 34, 1 (1999), pp. 89-104.

20. Paola Branduini, Mauro Varotto, *L'essenziale è invisibile agli occhi: il paesaggio rurale storico tra evidenze tangibili e intangibili*, in *Il paesaggio agrario italiano: sessant'anni di trasformazioni da Emilio Sereni a oggi (1961-2021)*, a cura di Carlo Tosco e Gabriella Bonini, Roma, Viella, 2023, pp. 491-500.

mente gestito. In effetti, proprio per queste limitazioni, molto spesso gli studi sulla storia dei boschi si basano sulla valutazione quantitativa delle dinamiche di ampliamento o riduzione della copertura, tralasciando altri aspetti e dimensioni degli spazi boschivi.

3. *Volta la carta: fonti testuali, iconografiche e di terreno*

«Volta la carta», cantava il poeta. Voltando metaforicamente la fonte cartografica, rimane comunque la molteplicità di indizi documentari e di terreno per tracciare biografie di paesaggi boschivi.²¹

Per questo motivo negli HGIS vengono contemporaneamente impiegate differenti fonti per ampliare il ventaglio informativo e le possibilità interpretative dell'analisi geo-storica. Con riferimento a tale proprietà, un promettente e recente ambito di documentazione è quello costituito dalla georeferenziazione e vettorializzazione di foto scattate da terra. Le sfide tecnologiche relative all'utilizzo in ambiente GIS di questa documentazione non sono irrilevanti, ma aprono interessanti prospettive euristiche. Un software di monofotogrammetria sviluppato dallo svizzero Istituto Federale di Ricerca per la Foresta, la Neve e il Paesaggio (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL), il WSL Monoplotting Tool, consente efficacemente di georeferenziare e ortorettificare foto scattate da terra come, ad esempio, le cartoline storiche.²² Per permetterne la georeferenziazione, l'immagine deve avere caratteristiche adeguate, quali l'elevato angolo di incidenza con la superficie rappresentata. Naturalmente un procedimento di questo tipo può riguardare ambiti di studio spazialmente ridotti; esercizi di fotografia ripetuta a tale scopo possono però aprire nuove prospettive su elementi territoriali o paesaggistici non leggibili dalla prospettiva zenitale, e ampliare in modo significativo gli ambiti e la datazione di indagine ben oltre le periodizzazioni classiche imposte dalle

21. Szabó, Suchánková, Křížová, Kotačka, Kvardová, Macek, Müllerová, Brázdil, *More than Trees*.

22. Claudio Bozzini, Marco Conedera, Patrik Krebs, *A New Monoplotting Tool to Extract Georeferenced Vector Data and Orthorectified Raster Data from Oblique Non-Metric Photographs*, in «International Journal of Heritage in the Digital Era», 1, 3 (2012), pp. 499-518; Christopher A. Stockdale, Claudio Bozzini, S. Ellen Macdonald, Eric Higgs, *Extracting Ecological Information from Oblique Angle Terrestrial Landscape Photographs: Performance Evaluation of the WSL Monoplotting Tool*, in «Applied Geography», 63 (2015), pp. 315-325.

foto aeree, come la stima del tasso di successione secondaria delle foreste esperito in Polonia.²³

Agevolmente gestibile in ambiente GIS è, invece, il dato toponomastico, spesso utilizzato come indicatore o traccia della presenza in passato di aree boschive, di determinate specie arboree o di specifiche pratiche forestali ma anche di elementi iconemici, espressione del senso identitario che determinate componenti del paesaggio forestale possono avere per le popolazioni di un certo territorio. Sono diversi, a questo proposito, gli esempi di ricerche che possono essere prese a riferimento per l'organizzazione di HGIS basati sulla raccolta multi-fonte dei dati (fonti testuali, iconografiche, cartografiche e orali) per la ricostruzione diacronica della gestione degli spazi boschivi.²⁴ L'informazione toponomastica ben si presta, infatti, alla gestione dei dati di attributo tipica del formato vettoriale. L'impiego di geodataset di questo tipo ha, infatti, permesso di documentare riferimenti fito o dendro toponomastici e confrontarli spazialmente con i risultati ottenuti da altre fonti, consentendo così di evidenziare dinamiche di espansione o di scomparsa di specie arboree o di testimoniare la diffusione di pratiche produttive legate alle risorse boschive sedimentate nella denominazione dello spazio. Ad esempio, la mappatura della presenza del toponimo "brusada" nella Svizzera meridionale è stata utilizzata per valutare la dialettica tra spazi pascolivi e boschivi; lo studio diacronico della toponomastica di un querceto storico, Sa Serra, nella Sardegna centrale, ha consentito di individuare 190 toponimi legati alla quotidianità rurale attraverso i quali è stato possibile tracciare la costruzione sociale del locale paesaggio nel tempo.²⁵ Naturalmente studi di questo genere non possono

23. Natalia Kolecka, Jan Kozak, Dominik Kaim, Monika Dobosz, Christian Ginzler, Achilleas Psomas, *Mapping Secondary Forest Succession on Abandoned Agricultural Land with LiDAR Point Clouds and Terrestrial Photography*, in «Remote Sensing», 7, 7 (2015), pp. 8300-8322.

24. Lando Scotoni, *Fitotoponomi e antica estensione del bosco trentino*, in «Rivista geografica italiana», 3 (1974), pp. 419-433; Bert Groenewoudt, Gijs Eijgenraam, Theo Spek, Menne Kosian, *Mapping Lost Woodland. An Attempt to Use the Spatial Distribution of Woodland-Related Place Names as a Proxy for Localizing Woodland in the Middle Ages*, in «Rural Landscapes: Society, Environment, History», 9, 1 (2022), 3, <<https://rurallandscapesjournal.com/articles/10.16993/rl.82>>.

25. Marco Conedera, Stefano Vassere, Christoph Neff, Manfred Meurer, Patrik Krebs, *Using Toponymy to Reconstruct Past Land Use: A Case Study of 'Brüsáda' (Burn) in Southern Switzerland*, in «Journal of Historical Geography», 33, 4 (2007), pp. 729-748; Salvatore Pinna, *Cartographic Erasure of Landscape as a Social Concept: Changes in ancient Rural Practices and Land-Use Policy behind the Study of Toponyms. A Case Study from Sardinia*,

esimersi dal confronto con la dialettologia, l'etimologia e più in generale con la corretta interpretazione delle denominazioni locali utilizzate per designare nel passato attività antropiche o risorse ambientali e di cui sovente si è persa negli anni recenti la memoria.²⁶

Per quanto riguarda la ricerca sul terreno, i GIS ben si prestano a organizzare, raccogliere e gestire i risultati di ricognizioni sul terreno e campionamenti, come quelli botanici e floristici. La tecnologia GPS, utilizzata anche con gli strumenti di rilevazione più semplici, permette di ottenere le coordinate di un sito pure in aree marginali o montuose. Coordinate che rappresentano l'informazione geografica fondamentale per la costruzione di geodataset riferibili, ad esempio, all'attività di censimento di strutture agro-silvo-pastorali quali terrazzamenti o insediamenti (magari in areali attualmente coperti da formazioni secondarie e non visibili da foto aeree), di manufatti collegati alla gestione del bosco (come le carbonaie), o alla mappatura dei siti di campionatura di rilievi palinologici, antracologici o dendrocronologici.²⁷

Per quanto riguarda le fonti documentarie, l'ampliamento della diacronia e delle informazioni implica necessariamente il ricorso alla documentazione testuale. Come notano Szabó, Müllerová, Suchánková e Kotačka, questo consente di affrontare dinamiche di più lungo periodo ma al tempo stesso pone non irrilevanti problemi di trascrizione dell'informazione e di localizzazione del dato. Così, nel loro studio dedicato alla storia della ceduazione in Repubblica Ceca, per ovviare alla frammentarietà delle informazioni disponibili da contratti e privilegi medievali, è stato utilizzato un algoritmo di distribuzione che ha normalizzato ed esteso per analogia l'informazione geolocalizzata.²⁸

in «CATENA», 229 (2023), 107229, <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S034181622300320X>>.

26. Laura Cassi, *Distribuzione geografica dei toponimi derivati dalla vegetazione in Toscana*, in «Rivista Geografica Italiana», LXXX (1973), pp. 389-432.

27. Ian D. Rotherham, Paul A. Ardron, *The Archaeology of Woodland Landscapes: Issues for Managers Based on the Case-study of Sheffield, England and Four Thousand Years of Human Impact*, in «Arboricultural Journal», 29, 4 (2006), pp. 229-243; Valentina Pescini, Carlo Montanari, Diego Moreno, *Multi-proxy Record of Environmental Changes and Past Land Use Practices in a Mediterranean Landscape: The Punta Mesco Cape (Liguria-Italy) between the 15th and 20th Century*, in «Quaternary International», 463 (2018), pp. 376-390; *Montagne e archeologie*, a cura di Diego E. Angelucci, Enrico Croce, Mara Migliavacca e Fabio Saggioro, Sesto Fiorentino, All'Insegna del Giglio, 2023.

28. Péter Szabó, Jana Müllerová, Silvie Suchánková, Martin Kotačka, *Intensive Woodland Management in the Middle Ages: Spatial Modelling Based on Archival Data*, in «Journal of Historical Geography», 48 (2015), pp. 1-10.

Al tempo stesso, l'uso e l'interrogazione di questo tipo di fonti non può prescindere da alcune accortezze euristiche, dovute alle loro caratteristiche intrinseche. La documentazione storica, infatti, non può essere approcciata in modo neutro, ma tenendo conto di alcune potenziali limitatezze del suo contenuto informativo. Se questo vale in generale, e ogni documentazione deve essere sottoposta ad opportuna critica, è tanto più valido quando essa viene inserita in un HGIS.²⁹ Alle opportune domande rispetto alla sua fedeltà documentaria, infatti, si aggiungono quelle relative alla effettiva precisione della localizzazione, spesso incerta o basata su toponimi o altri tipi di informazioni geografiche che possono essere dubbie o non validate. Tale vaghezza e indeterminatezza, che può riguardare fonti come le descrizioni di viaggio ma anche informazioni di carattere ufficiale come censimenti o estimi, deve essere tenuta in conto nella fase di localizzazione e di interpretazione. Ad esempio, nel caso della mappatura delle descrizioni del paesaggio boschivo nei resoconti dei viaggiatori ottocenteschi che hanno attraversato la Val di Fiemme, o del censimento dei boschi della commissione austriaco-trentina del 1787-1788, si è optato per l'utilizzo di geometrie puntuali anziché poligonali, in modo da contenere in modo efficace l'arbitrarietà della posizione ed estensione geografica di un'informazione testuale, dai confini incerti e localizzata solo grazie al toponimo.³⁰

Per quanto concerne la Liguria, è stato condotto un tentativo pilota di georeferenziazione delle *Consegne dei Boschi e Selve*, una tipologia di fonte redatta dall'amministrazione forestale del Regno di Sardegna nel 1822, nella quale i rispondenti descrivono i propri boschi secondo categorie giuridiche predefinite (bosco ceduo, bosco d'alto fusto, bosco misto). Le informazioni ulteriori contenute in tali documenti – quali la composizione arborea, le modalità di uso del suolo e le tipologie di produzione – sono state georiferite con elementi puntuali incrociando i toponimi riportati nelle *Consegne* con quelli emersi nell'ambito dell'analisi diacronica della cartografia storica.³¹

La Fig. 1 rappresenta la localizzazione delle informazioni tratte dal censimento dei boschi neri, o di conifere, effettuata per monitorare le ri-

29. Ian N. Gregory, Paul S. Ell, *Historical GIS. Technologies, Methodology and Scholarship*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.

30. Nicola Gabellieri, Ettore Sarzotti, *Forest Planning, Rural Practices, and Woodland Cover in an 18th-century Alpine Valley (Val di Fiemme, Italy): A Geohistorical and GIS-based Approach to the History of Environmental Resources*, in «Aims Geosciences», 10, 4 (2024), pp. 767-791.

31. Si rimanda al saggio *Un Historical GIS per la ricostruzione della copertura boschiva tra Val Trebbia e Val d'Aveto (Liguria, XIX-XXI secolo)* in questo volume.

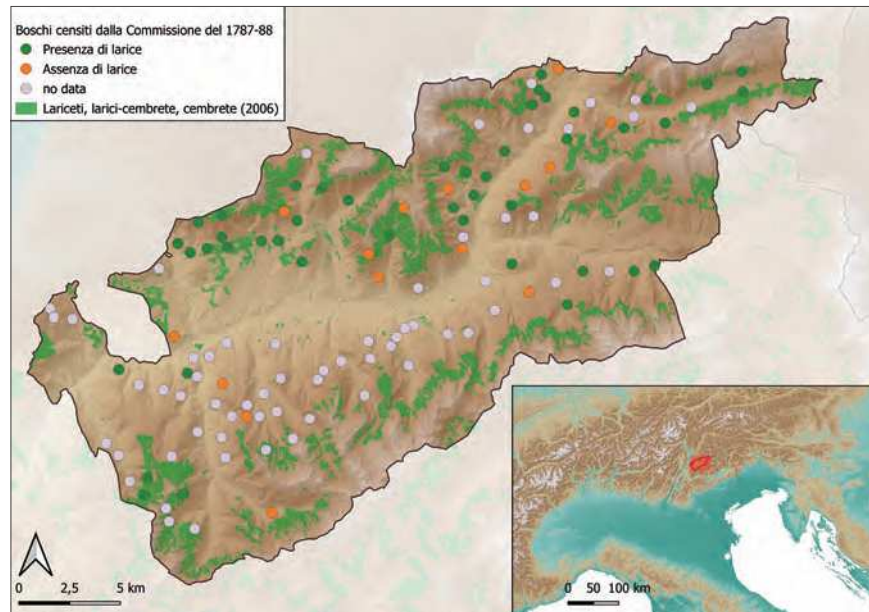


Fig. 1. Distribuzione dei lariceti nel 1787-1788 secondo il censimento della commissione dei boschi austriaco-trentina e comparazione con la distribuzione attuale (elaborazione degli autori).

serve legnose da destinare al commercio per i mercati padani. Nella carta sono evidenziati i boschi con registrata presenza di larice, a mostrare la differenza rispetto all'areale di distribuzione attuale. La fonte si presenta come una lunga descrizione di «visite» di ogni bosco dai contenuti disomogenei ma che spesso contengono riferimenti alle specie presenti, agli usi consuetudinari locali concorrenziali, al commercio di legname e alle varie proprietà e giurisdizioni a cui gli appezzamenti sono sottoposti. Le informazioni sono state trascritte in un apposito dataset, i cui record sono stati geolocalizzati rintracciando antichi toponimi riportati in cartografie coeve o successive. Il risultato non consente una comparazione con l'oggi in termini di incremento o estensione della copertura boschiva ma l'analisi comparativa permette, in ogni caso, di far emergere una "dendrogeografia" settecentesca molto diversa da quella attuale, più eterogenea e ricca.³²

32. Per un approfondimento si rimanda a Gabellieri, Sarzotti, *Planning, Rural Practices, and Woodland Cover*.

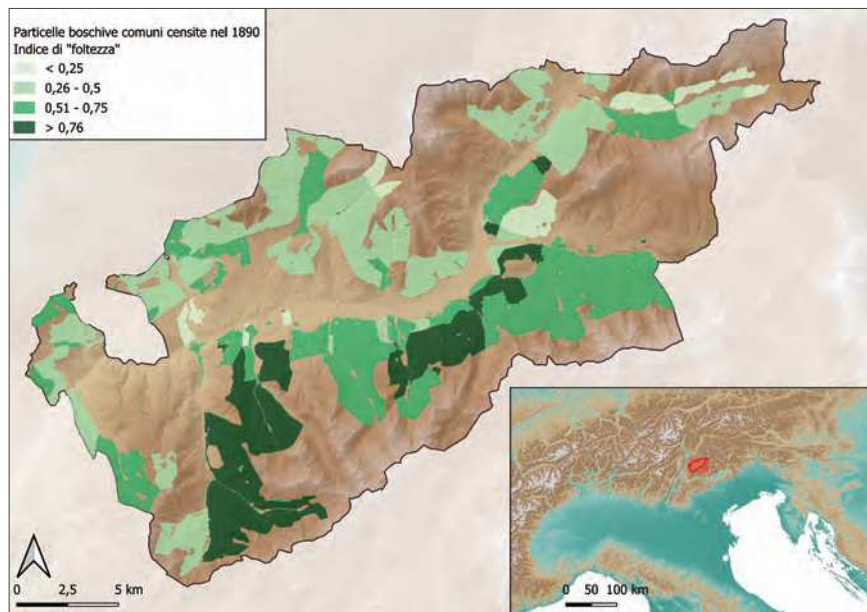


Fig. 2. Indicazione della “foltezza” delle particelle boschive di proprietà collettiva censite nel 1890 (elaborazione degli autori).

L’obiettivo di abbracciare il più ampio ventaglio di fonti disponibili, in modo da arricchire il *corpus* informativo e i temi da affrontare oltre quello dell’estensione, deve quindi animare la costruzione di sistemi informativi territoriali storici delle aree boschive.

In questa direzione si muove anche l’utilizzo di documentazione paracatastale come quella rappresentata da alcuni registri relativi al bosco di metà Ottocento della Val di Fiemme. Tali registri, dedicati alle particelle catastali boschive di proprietà delle comunità fiemmazze, contengono indicazioni relative alle turnazioni di taglio, alle specie presenti e alla «foltezza», ovvero la densità dell’appezzamento boschivo. Questo valore, da tradurre opportunamente secondo indici attuali, mostra però una composizione eterogenea rispetto a quanto definito come bosco, con particelle a diversi gradi di densità, solitamente più fitta nel versante meridionale esposto a nord, e più rada nel versante settentrionale esposto a solatio (Fig. 2). La categoria catastale di «bosco», quindi, riguarda appezzamenti alberati di diversa composizione, in parte spiegabile con i diversi indirizzi selvicolturali o la promiscuità con

pratiche pascolive o di approvvigionamento erbaceo. In entrambi i casi, la spazializzazione dell'informazione tramite cartografia consente una visualizzazione del dato e una comparazione con l'oggi più efficaci, evidenziando la gestione otto-novecentesca che ha portato all'attuale preponderanza di peccete monospecifiche secondarie più adatte al commercio.³³

Il progetto PRIN ha fatto uso in entrambi i casi di studio di diverse fonti cartografiche e testuali. La figura 3 illustra in modo schematico le varie fonti utilizzate in relazione al loro periodo di produzione, associando la tipologia di informazione alla forma della sua rappresentazione cartografica (puntuale o areale). Lo schema evidenzia la documentazione più recente che può essere utilizzata per entrambi i casi studio. Altre fonti – solitamente risalenti ad epoche preunitarie – sono, invece, specifiche dei due casi studio.

4. Dalla ricerca alla condivisione

L'orizzonte applicativo degli HGIS non si esaurisce nelle fasi di raccolta delle fonti o di analisi delle informazioni, e può facilitare e supportare l'integrazione e il trasferimento di diverse conoscenze.³⁴ La piattaforma informatica è ormai un medium necessario per il confronto con altre discipline o con gli esperti e i decisori del territorio. Come evidenziato da Giuseppe Cillis, Dina Statuto e Pietro Picuno, lo sviluppo di strategie di gestione per le risorse forestali necessita di basarsi su sistemi di monitoraggio del passato e del presente capaci di combinare strumenti e informazioni quantitativi e qualitativi.³⁵

La condivisione dei dati tra specialisti e specialiste e l'integrazione di diversi dataset, soprattutto in ricerche a piccola scala geografica, può aiutare nello sviluppo di interpretazioni più generali. A questo proposito, però, si

33. Margherita Azzari, Camillo Berti, Lorenzo Dolfi, *Usi del suolo e superfici boscate: dinamiche in Val di Fiemme*, in *MAESTRI (Museo virtuale dei Saperi e delle Tecniche popolari): Il progetto-pilota sui boschi della Magnifica Comunità di Fiemme*, a cura di Tiziana Banini, Roma, Società Geografica Italiana, 2023, pp. 121-160.

34. Vasco Diogo, Matthias Bürgi, Niels Debonne, Julian Helfenstein, Christian Levers, Rebecca Swart, Tim G. Williams, Peter H. Verburg, *Geographic Similarity Analysis for Land System Science: Opportunities and Tools to Facilitate Knowledge Integration and Transfer*, in «Journal of Land Use Science», 18, 1 (2023), pp. 227-248.

35. Cillis, Statuto, Picuno, *Historical GIS as a Tool*.

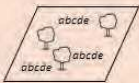
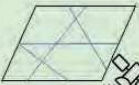
		LIGURIA	TRENTINO
1700-1799		Toponomastica Uso del suolo (simbologia iconografica puntuale)	1715-1725: Mappe di Marc'Antonio Fossa
		Pratiche di gestione Sistema di proprietà e possesso	fine XVIII secolo: Carte di Giuseppe Antonio Untergasser
1800-1899		Toponomastica Uso del suolo (simbologia letteraria puntuale)	1787-1788: Atti della Commissione mista austriaco-trentina
		Toponomastica Pratiche di gestione e specie arboree Sistema di proprietà e possesso	1801-1805: Carta militare asburgica <i>Karte der Grafschaft Tirol</i>
1900-1999		Toponomastica Uso del suolo (simbologia areale)	1827-1829: Minute di campagna
		Uso del suolo (simbologia areale)	1831 e 1853: Carte topografiche degli Stati Sardi di Terraferma
2000-oggi		Uso del suolo (superficie boschiva)	1822: Consegne dei Boschi e la Selva
			1890s: Documenti collaterali al Catasto
			1936: Carta forestale del Regno d'Italia
			1950: Carta d'Italia IGM
			1986-1990: CTR/CTP
			1954-1955: Foto aeree volo GAL
			1976-1978: Ortofoto
			2000-2018: Corine Land Cover

Fig. 3. Schema generale delle fonti cartografiche e testuali usate nei casi studio del progetto con l'indicazione della periodizzazione e del contenuto informativo (elaborazione degli autori).

pongono problemi relativi all'interoperabilità di diversi sistemi informativi e delle categorie e classi utilizzati per il trattamento delle informazioni, soprattutto se estratte da documentazione differente come quella mostrata.³⁶

La circolazione delle conoscenze e delle tecniche, il dialogo tra competenze eterogenee e il confronto con esperti ed esperte rappresentano aspetti centrali nell'agenda della maggior parte dei progetti di ricerca. In particolare, l'adozione di un approccio multi e interdisciplinare si rivela imprescindibile quando l'oggetto di studio riguarda tematiche complesse, quali le dinamiche ambientali e paesaggistiche. L'analisi di questi fenomeni richiede un'indagine che attinga a una vasta gamma di fonti e che superi la tradizionale dicotomia tra discipline umanistiche e scienze naturali. Il non banale problema di strutturazione di un dataset si pone come un nodo di riflessione intrigante che deve portare e favorire il dialogo tra specialisti e specialiste di discipline differenti.³⁷ In questo contesto, l'impiego di strumenti tecnologici, come i GIS, si configura come un elemento strategico per facilitare l'interazione tra competenze diverse e per favorire una comunicazione efficace dei dati e dei risultati della ricerca, sia all'interno della comunità accademica sia verso un pubblico più ampio.³⁸

Per quanto riguarda la comunicazione al grande pubblico, le applicazioni GIS offrono ormai una ampia scelta di piattaforme per la divulgazione che spaziano da cloudGIS statici a webGIS interattivi.³⁹

Infine, la condivisione di dati attraverso sistemi GIS costituisce un ponte naturale verso applicazioni nel campo della programmazione territoriale e di politiche di intervento, conservazione e gestione ambientale. La stessa normativa esplicita ormai l'utilità degli strumenti GIS per condivi-

36. Diogo, Bürgi, Debonne, Helfenstein, Levers, Swart, Williams, Verburg, *Geographic Similarity Analysis*.

37. Szabó, Müllerová, Suchánková, Kotačka, *Intensive Woodland Management in the Middle Ages*.

38. Joe Smith, *Geography in Public and Public Geography: Past, Present and Future*, in «Geographical Journal», 179, 2 (2013), pp. 188-192; Giovanni Cristina, Nicola Gabellieri, *Applicazioni HGIS e WebGIS interdisciplinari per l'ecologia storica: copertura boschiva, animali selvatici e specie botaniche negli spazi alpini*, in *Interdisciplinarietà e geotecnologie. Dalla ricerca all'applicazione dei saperi*, a cura di Annalisa D'Ascenzo e Davide Mastrovito, Roma, Labgeo Caraci, 2025, pp. 239-252.

39. Massimiliano Grava, *Imagenes estúpidas versus imágenes inteligentes. Empleo de WebGIS y Cloud service para la publicación de geo-datos*, in «Revista Uruguaya de Historia Económica», 6, 9 (2016), pp. 73-80.

dere dati con decisori ed esperti.⁴⁰ Database costruiti su fonti come quelle presentate possono essere utilizzate per rispondere a specifiche questioni riguardo alla copertura boschiva del passato, stimare dinamiche di trasformazione, e affrontare le relazioni socio-ambientali del passato, facilitando l'introduzione della variabile "tempo" negli studi sulla conservazione del paesaggio e dell'ambiente⁴¹ e consentendo l'integrazione di approcci qualitativi e quantitativi.⁴²

In questo senso, i sistemi informativi geografici, nella loro declinazione di HGIS, possono costituire uno strumento cruciale per supportare la fase di ricerca e agevolare quella di applicazione.⁴³ In letteratura vi è un ampio accordo, a tale proposito, sul fatto che il ventaglio di discipline che possono beneficiare dall'analisi delle informazioni raccolte in un HGIS è estremamente vario, facendone uno strumento euristico interdisciplinare per natura.⁴⁴

La bibliografia recente offre, infatti, numerosi esempi di progetti che impiegano HGIS in ricerche a larga scala. In particolare, Stapel⁴⁵ ha utilizzato un HGIS per ricostruire i confini dei villaggi in epoca pre-

40. Unione Europea, *Regulation of the European Parliament and of the Council on nature restoration and amending Regulation (EU) 2022/869*, 2024, <<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-74-2023-INIT/en/pdf>> (consultato il 04/03/2025), p. 111.

41. Peter B. Bridgewater, *Landscape Ecology, Geographic Information Systems and Nature Conservation*, in *Landscape Ecology and Geographical Information Systems*, a cura di Roy Haines-Young, David R. Green e Stephen H. Cousins, London, Taylor & Francis, 1993, pp. 25-38.

42. Diego Gallinelli, *Elaborazioni GIS per analizzare i cambiamenti dell'uso del suolo nell'area pontina dal XIX al XXI secolo*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 170 (2020), pp. 62-76; Dai Prà, Gabellieri, *Geostoria applicata del bosco*; Enrico Priarone, *L'analisi diacronica dell'uso del suolo nella cartografia: l'alta val di Vara (SP) tra 1936 e 2019*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 178 (2023), pp. 114-127.

43. Ian N. Gregory, Richard G. Healey, *Historical GIS: Structuring, Mapping, and Analysing Geographies of the Past*, in «Progress in Human Geography», 31, 5 (2007), pp. 638-653; Grava, Berti, Gabellieri, Gallia, *Historical GIS*; Cillis, Statuto, Picuno, *Historical GIS as a Tool*.

44. Grava, Berti, Gabellieri, Gallia, *Historical GIS*, pp. 3-4; Stefano Gobbi, Maria Giulia Cantiani, Duccio Rocchini, Paolo Zatelli, Clara Tattoni, Nicola La Porta, Marco Ciolli, *Fine Spatial Scale Modelling of Trentino Past Forest Landscape (Trentinoland): A Case Study of FOSS Application*, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», 42 (2019), pp. 71-78; Cristina, Gabellieri, *Applicazioni HGIS e WebGIS*, p. 241.

45. Rombert Stapel, *Historical Atlas of the Low Countries: A GIS Dataset of Locality-Level Boundaries (1350-1800)*, in «Research Data Journal for the Humanities and Social Sciences», 8, 1 (2023), pp. 1-33.

moderna nei Paesi Bassi, in Belgio e in Lussemburgo. Un altro esempio significativo è rappresentato dal progetto *Ghent Gemapt*, una piattaforma interattiva che mette in relazione carte storiche, luoghi e collezioni patrimoniali con la popolazione della città di Gand (Belgio).⁴⁶ Questo strumento ha permesso la creazione di una piattaforma geo-temporale per la condivisione, la visualizzazione e l'utilizzo delle collezioni digitali di beni culturali in un'ottica di partecipazione attiva al patrimonio. Un terzo esempio è *PatriMon, Paesaggio e fonti storiche del Principato di Monaco*, un progetto in cui le fonti documentarie e cartografiche vengono interconnesse per favorire, attraverso tecnologie innovative, lo studio, la valorizzazione e la comunicazione al pubblico del patrimonio documentario e archeologico del Principato.⁴⁷

5. Digitalizzazione e classificazione di cartografia storica

Prima di poter essere utilizzate in un GIS, le carte storiche devono essere digitalizzate, georeferenziate, classificate ed eventualmente post-elaborate per filtrare le feature indesiderate. Come anticipato nel secondo paragrafo, i progressivi sviluppi e adozioni di procedure automatiche stanno aprendo nuove frontiere di studio e ampliamenti di lavoro a nuove scale spaziali e temporali.⁴⁸

La digitalizzazione della carta richiede, innanzitutto, la scansione della copia cartacea. Questo processo, per quanto semplice, comporta in realtà alcune importanti scelte tecniche in termini di risoluzione della scansione sia dal punto di vista geometrico (indicata attraverso i DPI – Dots Per Inch, cioè punti per pollice) che dal punto di vista radiometrico, con il numero di bit per pixel (la profondità di colore). È infatti possibile creare una copia digitale di una carta ad un solo bit (bianco o nero), a toni di grigio, solitamente con 256 differenti tonalità (immagine ad un piano di colore codificata a 8 bit, con valori da 0 – nero a 255 – bianco, fino alla rappresentazione “True color” a 24 bit, $(2^8)^3 = 16.777.216$ colori). Dopo la scansione la carta digitalizzata è però solamente un'immagine e per renderla a tutti gli effetti “geografica” è

46. <<https://www.gentgemapt.be/>> (consultato il 03/06/2025).

47. <<https://patrimon.unibg.it/>> (consultato il 03/06/2025).

48. Yao-Yi Chiang, Stefan Leyk, Craig A. Knoblock, *A Survey of Digital Map Processing Techniques*, in «ACM Computing Surveys», 47 (2014), pp. 1-44.

necessario procedere alla sua georeferenziazione. Questa operazione richiede necessariamente l'intervento di un operatore umano che per poter attribuire agli oggetti della carta una posizione, deve disporre delle indicazioni originarie delle coordinate e del reticolo. Informazioni che possono essere desunte dalla legenda, dalla cornice e, qualora presente, dal reticolato chilometrico.

Dal punto di vista tecnico, la georeferenziazione consiste nel calcolare i parametri di una trasformazione analitica tra le coordinate sull'immagine, espresse in pixel e loro frazioni, e le coordinate dell'oggetto rappresentato rispetto ad un sistema di riferimento e ad una proiezione cartografica.

Il sistema di riferimento e la proiezione in cui si vogliono esprimere le coordinate viene scelto solitamente in base a quello del dataset in cui si vuole inserire la carta e alla possibilità di individuare in questo sistema di riferimento punti visibili sulla carta.

Sono possibili diverse scelte per quanto riguarda il tipo di trasformazioni da applicare nella georeferenziazione di carte storiche ma quella di Helmert è la più comunemente utilizzata. Questa consiste in una roto-traslazione e una variazione di scala del sistema di riferimento derivate da un diverso orientamento e da un ridimensionamento dell'ellissoide associato. Quando l'applicazione della trasformazione di Helmert non fornisce risultati soddisfacenti, solitamente perché le carte sono deformate oppure perché il sistema di riferimento e la proiezione sono incerti o male materializzati, si usano trasformazioni con polinomi di ordini crescenti.

Tutte le trasformazioni hanno alcuni parametri che vengono stimati per ogni carta o gruppo di carte attraverso la conoscenza di punti doppi, cioè di punti le cui coordinate sono note sia sulla carta (in pixel) sia nel sistema di riferimento in cui si sta georeferenziano. Le coordinate di tali punti, indicati normalmente come Ground Control Points (GCP), si ricavano solitamente dalla cartografia attuale, purché ovviamente abbiano precisione sufficiente, ossia che la scala della carta utilizzata sia abbastanza grande. Il numero di GCP necessari dipende dal numero di parametri da stimare per ogni trasformazione, ad esempio per la trasformazione di Helmert in 2D i parametri da stimare sono 4: un fattore di scala, una rotazione e due traslazioni. Ove possibile, è opportuno utilizzare coordinate di punti ricavate dalla griglia chilometrica, perché, oltre ad essere punti di facile individuazione, le loro coordinate sono spesso ricavabili agevolmente. Per carte storiche, infatti, può essere difficile selezionare punti ben individuabili e presenti sulla cartografia attuale, soprattutto in zone scarsamente antropizzate, dove edifici e strade sono rari.

La precisione delle carte risultanti viene valutata stimando lo scarto quadratico medio di ciascuna trasformazione, mentre l'accuratezza viene indagata utilizzando un insieme indipendente di Control Points (CP), cioè di punti di coordinate note che non vengono usati per stimare i parametri della trasformazione ma di cui si confrontano le coordinate calcolate dopo la georeferenziazione con quelle note.

La scelta del tipo di trasformazione deve tenere conto delle prestazioni generiche dei polinomi di ordine m in termini di accuratezza (analisi dei residui CP) e precisione (analisi dei residui GCP). Il comportamento in termini di accuratezza dipende esclusivamente dai CP, non dall'ordine polinomiale m , poiché i CP vengono utilizzati solo per la validazione e non per l'addestramento del modello. È impossibile prevedere l'ordine polinomiale ottimale in termini di accuratezza. D'altra parte, la somma dei quadrati dei residui si riduce progressivamente all'aumentare dell'ordine polinomiale m quando si applica l'approccio dei minimi quadrati allo stesso insieme di GCP per ordini polinomiali diversi; pertanto, passando a polinomi di ordine superiore, la precisione aumenta sempre. Al fine quindi di determinare se il guadagno di precisione del modello polinomiale di ordine superiore è statisticamente significativo, si effettua il test di Fisher sui residui totali dei GCP, per valutare se un aumento dell'ordine del polinomio si riflette in modo statisticamente significativo sulla varianza della trasformazione.⁴⁹

Una carta storica in formato digitale e georeferenzata può essere utilizzata in un GIS, sia per l'esplorazione della carta a partire dalle coordinate sia per la sovrapposizione con altre carte. Non è ancora possibile però applicare algoritmi per l'estrazione e la combinazione delle informazioni contenute, sia della singola carta che da più carte. Infatti, i valori numerici in ogni pixel rappresentano un colore e non una categoria di copertura o di uso del suolo. Per il sistema la carta è ancora costituita da immagini e non da oggetti.

È necessario quindi un ulteriore passaggio di elaborazione della carta per renderla pienamente fruibile, attraverso la digitalizzazione. Si crea quindi una carta in cui si riconoscono oggetti, ad esempio assegnando lo stesso codice a tutti i pixel che rappresentano una zona con copertura forestale. La carta così creata può essere in formato *raster*, formata da celle

49. Matteo Bozzano, Domenico Sguerso, Paolo Zatelli, Davide Zendri, Angelo Besana, *Accuracy Evaluation for Plan-Reliefs and Historical Maps Created during WWI in Northern Italy*, in «ISPRS, International Journal of Geo-Information», 13 (2024), 101, <<https://www.mdpi.com/2220-9964/13/3/101>>.

solitamente quadrate a cui è assegnato un codice, oppure vettoriale, in cui una collezione di primitive geometriche di cui vengono memorizzate le coordinate corrispondono agli oggetti rappresentati nella carta, a cui sono associati attributi organizzati in una tabella.

La digitalizzazione delle carte storiche è stata eseguita manualmente da uno o più operatori che sostanzialmente ridisegnavano i confini della carta e assegnavano un valore alle caratteristiche geometriche: questa operazione richiede molto tempo ed era soggetta a diversi errori.

L'approccio attuale, che mira ad automatizzare il più possibile la procedura minimizzando al contempo gli errori, consiste nella classificazione automatica della carta.

Sono possibili diverse tecniche, la cui scelta dipende sia dalle caratteristiche della carta da digitalizzare (disegno a mano o a stampa, carta monocromatica o a colori, ecc.) che dal tipo di informazioni che se ne vogliono ricavare (ad esempio: si vuole classificare l'intera area oppure estrarre la posizione di alcuni oggetti discreti?).

La maggior parte delle applicazioni di questi approcci è stata sviluppata per un insieme specifico di carte o per estrarre una particolare classe di copertura del suolo.⁵⁰ Allo stesso modo sono disponibili diverse tecniche per l'estrazione di testo e simboli da documenti stampati.⁵¹

Le tecniche di classificazione si possono dividere in poche categorie: classificazione *pixelwise* a massima verosimiglianza (Maximun Likelihood Classification, MLC), classificazione con reti neurali e Machine Learning e Object-based Image Analysis (OBIA).

La classificazione *pixelwise* a massima verosimiglianza classifica ogni singolo pixel dell'immagine della carta in base al suo colore, rappresentato da un vettore con una componente per ogni piano di colore, solitamente per scansioni nel visibile si usano tre colori con rosso, verde e blu (RGB). La classificazione può essere "supervisionata", in cui un operatore fornisce prima della classificazione aree campione per ogni classe che si vuole

50. Pierre-Alexis Herrault, David Sheeren, Mathieu Fauvel, Martin Paegelow, *Automatic Extraction of Forests from Historical Maps Based on Unsupervised Classification in the CIELab Color Space*, in *Geographic Information Science at the Heart of Europe*, a cura di Danny Vandenbroucke, Bénédicte Bucher, Joep Crompvoets, Cham, Springer, 2013, pp. 95-112.

51. Showmik Bhowmik, Ram Sarkar, Mita Nasipuri, David Doermann, *Text and Non-text Separation in Offline Document*, in «International Journal on Document Analysis and Recognition (IJDAR)», 21 (2018), pp. 1-20.

individuare sulla carta, oppure “non supervisionata”, in cui si indica solo il numero delle classi e si attribuisce a posteriori un significato ad ogni classe. È possibile applicare questo metodo anche in versione “contestuale”, in cui cioè la classificazione di un pixel dipende anche dal suo contesto, cioè dalla classificazione dei pixel vicini, riducendo l’influenza del rumore (ad esempio errori durante la scansione) e creando carte più omogenee. Questo approccio ha il limite di sfruttare solo l’informazione radiometrica (il “colore”) e di creare spesso carte frammentate in cui le categorie sono mescolate, anche nella variante contestuale. Tuttavia, ha il vantaggio di essere di semplice utilizzo e di esecuzione molto veloce, soprattutto se, come si dovrebbe, si usa un numero limitato di categorie. Si applica quindi alla classificazione di carte storiche con poche categorie e con colori abbastanza uniformi, con una scansione di qualità, nei casi si vogliano ricavare velocemente le categorie di aree estese ed uniformi sulla carta.

L’applicazione di reti neurali e Machine Learning è più recente e sfrutta la notevole flessibilità in termini di costruzione di filtri e classificatori, che permettono ai metodi di adattarsi non solo ai diversi tipi di carte ma anche alle diverse categorie di informazioni da estrarre. È possibile, infatti, applicare queste tecniche sia per classificare l’intera carta in termini di copertura e uso del suolo sia per estrarre la posizione e l’orientamento di insiemi di simboli, qualora si sia interessati ad esempio alla ricostruzione della posizione alcuni tipi di manufatti (edifici, fortificazioni, ecc.). Il grosso limite di questo approccio consiste nel richiedere un consistente dataset di addestramento del classificatore, dataset che solitamente non è disponibile per la cartografia storica, di norma molto eterogenea.

L’Object-based Image Analysis (OBIA) classifica una immagine, e quindi anche una carta storica, in due passaggi: dapprima si individuano sull’immagine “segmenti”, cioè porzioni di immagine che rappresentano un oggetto (il tetto di un edificio, un campo coltivato, ecc.), e successivamente si classificano i segmenti riconoscendo il tipo di oggetto che rappresentano. Il processo di creazione dei segmenti, detta segmentazione, può essere realizzato in modi diversi, ad esempio, con *mean shift* o *region growing*. Quest’ultimo approccio è il più usato e si basa sulla ricerca di gruppi contigui di pixel radiometricamente omogenei. La regione viene fatta crescere (*growing*) a partire da punti scelti casualmente sull’immagine, aggregando nello stesso segmento pixel con valori abbastanza simili. Il processo è controllato da due parametri: un valore di soglia che indica quanto simili devono essere i valori (“colori”) dei pixel che appartengono

allo stesso segmento e il numero minimo che deve avere un segmento: se il valore di pixel è inferiore al valore di soglia il segmento viene fuso con quello confinante di valore più simile. Una volta creati i segmenti questi possono essere classificati in base alle loro caratteristiche radiometriche (i “colori”) e geometriche (la loro forma e dimensione), in modo supervisionato o non supervisionato. La classificazione viene solitamente fatta combinando diversi algoritmi di Machine Learning per sfruttare le loro migliori caratteristiche, ad esempio Random Forest, molto robusto, con Support Vector, molto accurato.

I risultati dei diversi classificatori vengono poi combinati attraverso sistemi di voto, detti *voters*, che escludono o pensano i risultati dei diversi classificatori in base alla loro accuratezza predetta. Questo approccio ha il vantaggio di sfruttare sia la componente radiometrica che geometrica dell’informazione fornita dall’immagine digitale che rappresenta la carta. Rispetto alla classificazione a massima verosimiglianza fornisce una classificazione più accurata ed uniforme, a patto però di avere creato in maniera corretta i segmenti da classificare, facendo in modo che effettivamente ogni segmento corrisponda ad un oggetto. Anche se esistono metodi euristici per determinare la combinazione di parametri che fornisce la segmentazione ottimale, la procedura deve essere calibrata per ogni tipo di carta e la calibrazione richiede spesso una procedura iterativa. Rispetto alla classificazione diretta con Machine Learning l’approccio con OBIA richiede un campione di oggetti per l’addestramento notevolmente inferiore.

