

# Intelligenza Artificiale, Retrieval e Beni Culturali

Lucia Vadicamo, Giuseppe Amato, Paolo Bolettieri, Fabrizio Falchi,  
Claudio Gennaro, Fausto Rabitti

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo" (ISTI), CNR, Pisa  
nome.cognome@isti.cnr.it

## Abstract

La visita a musei o a luoghi di interesse di città d'arte può essere completamente reinventata attraverso modalità di fruizione moderne e dinamiche, basate su tecnologie di riconoscimento e localizzazione visuale, ricerca per immagini e visualizzazioni in realtà aumentata. Da anni il gruppo di ricerca AIMIR porta avanti attività di ricerca su queste tematiche ricoprendo anche ruoli di responsabilità in progetti nazionali ed internazionali. Questo contributo riassume alcune delle attività di ricerca svolte e delle tecnologie utilizzate, nonché la partecipazione a progetti che hanno utilizzato tecnologie di intelligenza artificiale per la valorizzazione e la fruizione del patrimonio culturale.

## 1 Introduzione

Il gruppo di ricerca *Artificial Intelligence for Multimedia Information Retrieval* (AIMIR) studia soluzioni di intelligenza artificiale per l'analisi, ricerca e riconoscimento visuale in database di immagini di grandi dimensioni, tramite dispositivi mobili, sistemi informativi e motori di ricerca multimediali. Negli ultimi anni, ha partecipato a numerosi progetti nazionali ed internazionali in ambito Beni Culturali, sviluppando sistemi che consentono di riconoscere automaticamente, a partire da un'immagine, opere d'arte quali quadri, statue, edifici, iscrizioni antiche, effettuare ricerche visuale su larga scala e visualizzazioni in realtà aumentata. Si considerino, ad esempio, il sistema <http://art.isti.cnr.it/> capace di riconoscere e fornire informazioni su più di 100 mila quadri, o <http://www.eagle-network.eu/image-search/> capace di riconoscere visivamente iscrizioni antiche, in un database di più di un milione di immagini, anche da dispositivi mobili.

Le tecniche sviluppate tengono in considerazione sia le problematiche di accuratezza che di scalabilità, garantendo lo sviluppo di sistemi con tempi di risposta fluidi e naturali anche in situazioni e contesti dove la quantità di elementi da riconoscere, localizzare visivamente, e rendere aumentati è enorme, come all'interno di musei, o in zone di interesse di importanti città d'arte (piazze storiche, cattedrali, etc.).

## 2 Attività Scientifica

L'attività scientifica portata avanti dal gruppo AIMIR sfrutta una sinergia di tecniche di analisi delle immagini, *deep learning*, strutture dati ed algoritmi di ricerca per similarità scalabili. I prototipi di ricerca sviluppati sono stati applicati con successo nell'ambito dei beni culturali, ad esempio, per riconoscere opere d'arte o edifici storici, per accedere ad informazioni in realtà aumentata, e per generare descrizione automatiche di materiale digitale non adeguatamente annotato.

Nell'ambito del riconoscimento visuale sono stati investigati sia approcci basati su aggregazioni (per es. BoW, VLAD, FV) di feature locali di immagini (quali SIFT ed ORB), sia feature estratte da reti neurali convoluzionali (CNN feature), che approcci ibridi (quale la combinazione di FV con CNN feature). Gli approcci ibridi basati sulla combinazione di aggregazioni di feature locali e CNN feature, per esempio, hanno mostrato una elevata efficacia nel riconoscimento di iscrizioni antiche [Amato *et al.*, 2016b].

Approcci basati su "hand-crafted" feature e deep learning sono stati studiati ed utilizzati anche per la classificazione automatica, il retrieval di immagini, la localizzazione visuale ed applicazioni di realtà aumentata [Amato *et al.*, 2015; Bolettieri *et al.*, 2015; Amato *et al.*, 2017b; Amato *et al.*, 2017a]. Inoltre, per poter effettuare ricerche visuali anche in database di enormi dimensioni, sono state sviluppati innovativi algoritmi di ricerca per similarità approssimata [Amato *et al.*, 2014; Amato *et al.*, 2016a; Amato *et al.*, 2018].

## 3 Progetti in Ambito Beni Culturali

Negli ultimi anni, il gruppo AIMIR ha partecipato a numerosi progetti nazionali ed internazionali su tematiche relative ai beni culturali e all'analisi del contenuto delle immagini per l'estrazione automatica di informazioni che ne permettano la descrizione automatica, il riconoscimento, la classificazione, la ricerca su larga scala, ed il loro accesso in realtà aumentata. Si citano a titolo d'esempio:

**WISECH** - Visual Engines for Cultural Heritage, progetto regionale che ha lo scopo di avanzare lo stato dell'arte nell'ambito dell'analisi automatica delle immagini, sviluppando tecniche di riconoscimento e localizzazione visuale per effettuare realtà aumentata, mediante algoritmi altamente scala-

bili che permettano l'esecuzione di queste operazioni su dataset di grandi dimensioni, anche direttamente sui dispositivi smart, in tempo reale pervasivo e trasparente. Il progetto prevede anche lo sviluppo di tecniche per la generazione automatica di descrizioni del contenuto delle immagini, la classificazione del contenuto e la ricerca visuale.

**CultMEDIA** - progetto nazionale<sup>1</sup>, co-finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, che ha l'obiettivo di ottimizzare costi e complessità della produzione di media culturali nel campo dello storytelling multi e cross-mediale, attraverso la creazione di una dataset su larga scala analizzato attraverso l'uso esteso di algoritmi di intelligenza artificiale e apprendimento automatico.

**EAGLE** - European network of Greek and Latin Epigraphy<sup>2</sup>, progetto europeo il cui obiettivo principale è stato quello di raccogliere e catalogare in un unico database milioni di oggetti digitali (testi ed immagini) relativi ad una cospicua percentuale del patrimonio epigrafico fin qui noto, rendendolo accessibile sia attraverso Europeana, sia attraverso portale web/applicazioni mobile del progetto. In EAGLE, i sistemi di riconoscimento visuale e di ricerca per immagini sono stati applicati, per la prima volta, per il riconoscimento automatico di iscrizioni antiche, quali epigrafi in latino e greco, offrendo un efficace ed immediato strumento per la fruizione del materiale epigrafico raccolto nel progetto (Figura 1).

**VISITO Tuscany** - Visual Support to Interactive TOURism in Tuscany<sup>3</sup>, finanziato dalla Regione Toscana, ha investigato e realizzato tecnologie per la realizzazione di un servizio avanzato di guida interattiva e personalizzata per la visita alle città d'arte toscane. Il progetto ha previsto, tra l'altro, lo sviluppo di sistemi per il riconoscimento di oggetti d'arte a partire dalle foto degli utenti ed accesso a tali foto mediante strumenti di visualizzazione 3D, così come servizi per visite virtuali e social networking [Amato *et al.*, 2012].

**ASSETS** - Advanced Search Services and Enhanced Technological Solutions for the European Digital Library, progetto europeo che aveva lo scopo di sviluppare sistemi di ricerca avanzati per l'accesso al portale di EUROPEANA. In particolare, il gruppo di ricerca ha sviluppato un motore di ricerca visuale per recuperare dati relativi agli oggetti d'arte nel portale, a partire dalle immagini.

**Dicet In Moto** - ORganization of Cultural HERitage for Smart Tourism and Real-time Accessibility (OR.C.HE.S.T.R.A.), progetto nazionale che ha sviluppato un insieme di soluzioni tecnologiche orientate alla valorizzazione intelligente del patrimonio culturale, materiale e immateriale, della Regione Campania ad uso e fruizione di turisti, visitatori e cittadini, nel rispetto dei principi di sostenibilità ed eco-compatibilità. L'uso di tecniche di riconoscimento visuale e tecnologie di realtà aumentata sono state utilizzate per la realizzazione di applicazioni per dispositivi mobili di supporto alla visita della città di Napoli, o per illustrare specifiche opere e musei.

<sup>1</sup><http://aimagelab.ing.unimore.it/imagelab/project.asp?idProgetto=68>

<sup>2</sup><http://www.eagle-network.eu>

<sup>3</sup><http://www.visitotuscany.it/>



Figura 1: Esempio di utilizzo delle tecnologie di riconoscimento visuale in ambito Beni Culturali: la *EAGLE Flagship Mobile Application* è uno strumento di immediato utilizzo per conoscere la storia che si cela dietro un'iscrizione antica ed avere accesso a tutte quelle informazioni che epigrafisti e studiosi del settore hanno raccolto nel corso degli anni.

## Riferimenti bibliografici

- [Amato *et al.*, 2012] G. Amato, F. Falchi, e F. Rabitti. Landmark recognition in VISITO Tuscany. In *Multimedia for Cultural Heritage*, pages 1–13, Berlin, Heidelberg, 2012. Springer Berlin Heidelberg.
- [Amato *et al.*, 2014] G. Amato, C. Gennaro, e P. Savino. Mi-file: using inverted files for scalable approximate similarity search. *Multimedia Tools and Applications*, 71(3):1333–1362, August 2014.
- [Amato *et al.*, 2015] G. Amato, F. Falchi, e C. Gennaro. Fast image classification for monument recognition. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 8(4):18:1–18:25, August 2015.
- [Amato *et al.*, 2016a] G. Amato, F. Falchi, C. Gennaro, e L. Vadicamo. *Deep Permutations: Deep Convolutional Neural Networks and Permutation-Based Indexing*, pages 93–106. Springer International Publishing, 2016.
- [Amato *et al.*, 2016b] Giuseppe Amato, Fabrizio Falchi, e Lucia Vadicamo. Visual recognition of ancient inscriptions using Convolutional Neural Network and Fisher Vector. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 9(4):21:1–21:24, December 2016.
- [Amato *et al.*, 2017a] G. Amato, F. A. Cardillo, e Fabrizio Falchi. *Technologies for Visual Localization and Augmented Reality in Smart Cities*, pages 419–434. Springer International Publishing, Cham, 2017.
- [Amato *et al.*, 2017b] G. Amato, F. Falchi, e L. Vadicamo. Aggregating binary local descriptors for image retrieval. *Multimedia Tools and Applications*, pages 1–31, 2017.
- [Amato *et al.*, 2018] G. Amato, E. Chávez, R. Connor, F. Falchi, C. Gennaro, e L. Vadicamo. Re-ranking permutation-based candidate sets with the n-Simplex projection. In *Similarity Search and Applications*, pages 3–17, Cham, 2018. Springer International Publishing.
- [Bolettieri *et al.*, 2015] P. Bolettieri, V. Casarosa, F. Falchi, L. Vadicamo, P. Martineau, S. Orlandi, e R. Santucci. *Searching the EAGLE Epigraphic Material Through Image Recognition via a Mobile Device*, pages 351–354. Springer International Publishing, Cham, 2015.