

PUBLICA

Linguaggi Grafici
FOTOGRAFIA

a cura di

Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino

P V B L I C A

COMITATO SCIENTIFICO

Marcello Balbo
Dino Borri
Paolo Ceccarelli
Enrico Cicalò
Enrico Corti
Nicola Di Battista
Carolina Di Biase
Michele Di Sivo
Domenico D'Orsogna
Maria Linda Falcidieno
Francesca Fatta
Paolo Giandebiaggi
Elisabetta Gola
Riccardo Gulli
Emiliano Ilardi
Francesco Indovina
Elena Ippoliti
Giuseppe Las Casas
Mario Losasso
Giovanni Maciocco
Vincenzo Melluso
Benedetto Meloni
Domenico Moccia
Giulio Mondini
Renato Morganti
Stefano Moroni
Stefano Musso
Zaida Muxi
Oriol Nel.lo
João Nunes
Gian Giacomo Ortu
Rossella Salerno
Enzo Scandurra
Silvano Tagliagambe

Linguaggi Grafici

La serie Linguaggi Grafici propone l'esplorazione dei diversi ambiti delle Scienze Grafiche e l'approfondimento di campi specifici capaci di far emergere nuove prospettive di ricerca. La serie indaga le molteplici declinazioni delle forme di rappresentazione grafica e di comunicazione visiva, proponendo una riflessione collettiva, aperta, interdisciplinare e trasversale capace di stimolare nuovi sguardi e nuovi filoni di indagine. Ciascun volume della serie è identificato da un lemma, che definisce al contempo una categoria di artefatti visivi e un campo di indagine, che si configura come chiave interpretativa per la raccolta di contributi provenienti da ambiti culturali, disciplinari e metodologici differenti, che tuttavia riconoscono nei linguaggi grafici un territorio di azione e di ricerca comune.

COMITATO EDITORIALE

Enrico Cicalò
Francesco Cotana
Eleonora Dottorini
Alexandra Fusinetti
Amedeo Ganciu
Valeria Menchetelli
Marta Pileri
Simone Sanna
Francesca Savini
Andrea Sias
Ilaria Trizio
Michele Valentino

Tutti i testi di PUBBLICA sono sottoposti a double peer review

PUBLICA

Linguaggi Grafici
FOTOGRAFIA

a cura di

Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino

Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino (a cura di)

Linguaggi Grafici. FOTOGRAFIA

© PUBLICA, Alghero, 2023

ISBN 978 88 99586 31 7

Pubblicazione Dicembre 2023

PUBLICA

Dipartimento di Architettura, Urbanistica e Design

Università degli Studi di Sassari

WWW.PUBLICAPRESS.IT



INDICE

- 12 **I linguaggi grafici della fotografia:
ragioni, funzioni, evoluzioni e definizioni**
Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino
- 28 **I linguaggi grafici della fotografia:
temi, sguardi ed esperienze**
Enrico Cicalò, Valeria Menchetelli, Michele Valentino

LINGUAGGI

- 46 **Identità fotografica.**
Linguaggio in evo-luzione o invo-luzione?
Igor Todisco, Ornella Zerlenga
- 84 **Riflessi.**
**Il linguaggio fotografico
nella figurazione grafica e pittorica**
Edoardo Dotto
- 112 **Il disegno della fotografia.**
**Il rilievo dell'immagine architettonica
nel pensiero teorico di Robert Venturi**
Francesca Sisci
- 138 **Nuovi *musées imaginaires*.**
Cultura e applicazioni dello *screenshot*
Giovanni Rasetti

SGUARDI

- 158 **L'equivoco fotografico**
Gianluca Camillini, Jonathan Pierini
- 180 **La fotografia come immagine e memoria della città.
La Napoli di Giorgio Sommer**
Manuela Piscitelli
- 206 **L'attimo fuggente e 'geometrico' nelle fotografie
di Henri Cartier-Bresson**
Cristiana Bartolomei, Caterina Morganti
- 232 **L'io e la fotografia.
L'immagine dell'anima dai ritratti di Penn
agli autoscatti di Vaccari**
Gaia Leandri
- 250 **Salti nel buio. L'esperienza itinerante
nelle fotografie di Gianni Berengo Gardin**
Andrea Scalas
- 268 **Fotografare i borghi:
l'esperienza in Abruzzo**
Giovanni Caffio, Giuseppe Marino

TECNICHE

- 294 **La fotografia come 'misura'.
Il rilievo attraverso le immagini e la fruizione interattiva**
Domenico Mediatì
- 328 **La restituzione prospettica da fotografia
per la ricostruzione di edifici perduti.
Via Libertà, Palermo, 1958-1971**
Fabrizio Agnello, Federica Maria Bonello, Mirco Cannella
- 354 **Verso un archivio digitale. La fotografia tradizionale
e le nuove tecnologie per la costruzione di *Digital Twin***
Daniele Calisi, Stefano Botta, Alessandro Cannata

- 380 **La fotografia per il restauro
e la conservazione delle opere d'arte**
Laura Baratin, Francesca Gasparetto, Veronica Tronconi
- 406 **La fotografia come strumento di acquisizione
di dati architettonici, territoriali, ambientali e strategici**
Amedeo Ganciu, Andrea Sias
- 430 **Fotografia a 360° per il *Geo-processing* 3D.
Un linguaggio visuale speditivo e affidabile per documentare
il patrimonio architettonico in territori *cluster***
Raffaella De Marco

SPERIMENTAZIONI

- 460 ***Layered Reality Control*: la ri-costruzione dell'immagine
fotografica nella composizione di layout creativi**
Sara Antinozzi, Barbara Messina
- 484 **Foto-collage di architettura.
Pratiche autoriali e crediti artistico culturali**
Simone Sanna
- 512 **Dal contesto al frammento, tra preesistenza e prefigurazione.
Fotomontaggi, fotoinserimenti e foto-collage
tra le rappresentazioni architettoniche
nella Roma degli anni Trenta**
Antonio Schiavo
- 540 **Fotomontaggi e collages fotografici in Unione Sovietica
e Germania tra gli anni '20 e '40**
Marcello Scalzo
- 570 **Fotografia e *concept art* nell'era
dell'intelligenza artificiale**
Barbara Ansaldi
- 592 **Immagine e intento.
Viaggio nel potenziale abilitativo delle IA generative**
Lorenzo Ceccon, Matteo Cavaglia

- 622 **Fotografie di città nell'AI:
sperimentare identità mediate dalle reti neurali**
Irene De Natale

NARRAZIONI

- 638 **Fotografia per non vedenti.
L'opera di Luigi Ghirri**
Daniele Colistra, Sidorela Furxhiu
- 660 **Le 'fotografie viventi anamorfiche' di Arthur Mole
tra propaganda politica e prospettiva naturale**
Alessio Bortot
- 682 **Tempo e movimento per e della rappresentazione
di un istante**
Vincenzo Cirillo, Riccardo Miele, Rosina Iaderosa
- 712 **Fotografia e narrazione cinematografica**
Alexandra Fusinetti
- 728 **Il *photojournalism*: evoluzione e prospettive**
Marta Pileri

DOCUMENTAZIONE

- 758 **Fotografare il patrimonio costruito,
tra espressività narrativa e oggettività documentale**
Maria Pompeiana Iarossi
- 782 **La costruzione di un'immagine:
la rappresentazione fotografica ufficiale
nell'Esposizione Colombiana del 1893**
Francesco Cotana
- 810 **La fotografia come memoria.
Architettura e collezioni del Museo Provinciale di Potenza
nella prima metà del XX secolo**
Giuseppe Damone

- 826 **La fotografia come documento storico-critico.**
Un contributo al restauro del patrimonio architettonico
perugino e il caso del complesso conventuale di San Domenico
Francesca Funis, Simona Salvo
- 854 **Frontiere della visualità: la stenoscopia**
Daniele Colistra
- 876 **Il contributo dell'immagine fotografica**
alla narrazione dei paesaggi d'acqua
Silvia La Placa
- 900 **Il ruolo della fotografia nella narrazione del design italiano.**
Lo studio Ballo&Ballo per il catalogo della mostra
Italy: The New Domestic Landscape
Rosa Chiesa, Paola Proverbio
- 918 **Storie d'interni in vendita.**
L'evoluzione nell'uso dell'immagine fotografica
nei cataloghi IKEA
Giovanna Ramaccini

Linguaggi Grafici

FOTOGRAFIA

Obiettivo del volume è indagare le potenzialità, i ruoli, i campi di applicazione e le prospettive di ricerca di uno degli strumenti culturali di indagine, di rappresentazione e di lettura della realtà più trasversali e capillari: la fotografia. Perfezionata a partire dai primi decenni dell'Ottocento, dopo avere attraversato una sequenza accelerata di evoluzioni tecniche la fotografia ha rivoluzionato tutti gli ambiti del pensiero e dell'espressione artistica e creativa, conquistando un ruolo culturale preminente e raggiungendo una diffusione che permea completamente la società contemporanea. Il fascino esercitato dall'idea di 'scrivere con la luce', le potenti implicazioni culturali dell'atto di riprodurre una porzione di realtà in maniera istantanea e automatizzata, la capillare e democratica facilità di accesso e di utilizzo dello strumento, hanno permesso alla fotografia di aprire nuove possibilità tecniche e ampi territori di esplorazione all'interno di molteplici contesti. Dal momento della sua 'invenzione', il mezzo fotografico si è prepotentemente affermato, non soltanto permettendo la riproduzione di immagini, ma anche stimolando altre forme di produzione basate sulle fotografie attraverso la sperimentazione di linguaggi grafici innovativi e inediti filoni d'indagine. Dalla profotografia alla ritrattistica, dalla pubblicità al reportage, dalla documentazione storica all'ibridazione tecnica, dall'architettura al design, dalla filosofia alla

cultura visuale, fino a giungere al *selfie*, alla *screenshot culture* e alla produzione automatizzata di immagini tramite algoritmi di AI, la fotografia ha modificato il nostro sguardo e ha scritto una storia che ci pone, oggi, di fronte all'impossibilità di rinunciare al suo utilizzo, ma che allo stesso tempo necessita di una riflessione circa il ruolo che le immagini fotografiche svolgono nella vita quotidiana. Dal ritratto degli antenati ottocenteschi appeso alle pareti delle nostre stanze (fotografia come memoria iconografica) all'istantanea della lista della spesa o della lavagna di appunti (fotografia come pro-memoria sostitutivo della scrittura), la fotografia rimane lo strumento privilegiato per la riproduzione del reale ed è per questo impiegata in molteplici situazioni che spaziano tra arte e scienza, tra opera autoriale e cultura popolare.

Questo volume si propone come spazio di riflessione sulla fotografia come forma di rappresentazione grafica e di comunicazione visiva, con l'obiettivo di esplorarne il ruolo culturale, le potenzialità applicative, le ragioni, le funzioni, gli utilizzi, le modalità operative e i linguaggi espressivi. Saranno accolti contributi scientifici sia di carattere generale che relativi a specifici ambiti di applicazione o a casi di studio, sia riferiti alla storia che riconducibili all'attualità, sia di taglio teorico-culturale che tecnico-metodologico, purché indaghino aspetti significativi di questa categoria di artefatti visivi.

TECNICHE

**La fotografia come 'misura'.
Il rilievo attraverso le immagini
e la fruizione interattiva**

**Photography as 'Measurement'.
Surveying through Images
and Interactive Fruition**

Domenico Mediatì

Università Mediterranea di Reggio Calabria

Dipartimento Architettura e Territorio

domenico.mediati@unirc.it



B. & H.
ESTD

rappresentazione fotografica
rilievo fotografico
fotorealismo
fotogrammetria
rilievi *image-based*

photographic representation
photo surveying
photorealism
photogrammetry
image-based surveying

La collaborazione tra Niépce e Daguerre, nella prima metà dell'Ottocento, diede origine alla dagherrotipia e aprì nuove prospettive nei processi di costruzione dell'immagine. Essa è il frutto di un lungo percorso di studi geometrico-proiettivi sull'ottica e la catottrica che hanno origine nell'antichità classica. Oltre alle evidenti ricadute nel campo dell'arte, la fotografia ebbe dirette conseguenze anche in ambito operativo. Sin dai primi anni successivi alla sua scoperta furono molti i tentativi di utilizzarla nel campo dei rilievi topografici.

Il colonnello francese Aimé Laussedat viene considerato l'ideatore della fotogrammetria. Tra il 1859 e il 1861 elaborò i primi rilievi topografici e nel 1858 fece le prime sperimentazioni di fotogrammetria aerea con l'ausilio di mongolfiere. A partire dai primi anni del XX secolo la fotogrammetria fu applicata anche ai rilievi architettonici aprendo un campo di applicazione che per successive evoluzioni ha condotto alle moderne tecniche *image-based*. Dalle singole immagini fotografiche che consentono un'interpretazione soggettiva della realtà, si è passati a una raccolta di immagini molteplici che, attraverso la sommatoria di più punti di vista e la corrispondenza proiettiva tra punti omologhi, restituisce una rappresentazione 'oggettiva' e 'misurata' della realtà.

La diffusa disponibilità di strumentazioni informatiche ha reso sempre più accessibili tali tecniche di rilievo e modellazione, favorendo il passaggio da un mondo fisico newtoniano a un nuovo ambiente 'ibrido', in cui convivono contenuti materiali e informativi, dove diventa sempre più difficile distinguere il mondo reale dall'infosfera.

Le fruizioni digitali e interattive di modelli tridimensionali sempre più realistici pongono, difatti,

The collaboration between Niépce and Daguerre in the first half of the nineteenth century gave rise to daguerreotype and opened new horizons in image-making processes. It was the result of a long course of geometric-projective studies on optics and catoptrics that originated in classical antiquity. In addition to the obvious effects in the field of art, photography also had direct consequences in the operational sphere. From the first years after its discovery there were many attempts to use it in the field of surveying.

French Colonel Aimé Laussedat is considered the inventor of photogrammetry. Between 1859 and 1861 he developed the first topographic surveys and in 1858 made the first experiments in aerial photogrammetry using hot air balloons. Beginning in the early 20th century, photogrammetry was also applied to architectural surveys, opening up a field of application that by later developments has led to modern 'image-based' techniques.

There has been a shift from single photographic images that allowed a subjective interpretation of reality to a collection of multiple images. They allow an 'objective' and 'measured' representation of reality through the summation of multiple viewpoints and projective correspondence between homologous points.

The widespread use of computer-based instrumentation has made such surveying and modeling techniques increasingly accessible, facilitating the transition from a Newtonian physical world to a new 'hybrid' environment, in which material and informational content coexist, where it becomes increasingly difficult to distinguish the real world from the infosphere.

Indeed, digital and interactive fruitions of increasingly realistic three-dimensional models

il tema della duplicazione del reale. Le immagini eidomatiche si allontanano sempre più dalla loro 'dimensione catottrica', come specchio critico della realtà, e si spingono gradualmente verso una 'duplicazione' che coinvolge la sfera emozionale. È un processo di smaterializzazione che mette in discussione anche il criterio stesso di 'esistenza'. La prospettiva rinascimentale che ordinava la realtà oggettiva in funzione di una concezione razionale lascia il passo a una nuova dimensione spaziale in cui è l'uomo che si 'adatta' alla nuova natura informativa dell'ambiente che lo accoglie.

Il presente paper intende indagare le evoluzioni delle tecniche ottiche e catottriche per la rappresentazione dello spazio: dalle camere ottiche alla fotogrammetria, fino alle moderne tecniche *image-based*. Si evidenziano le potenzialità connesse ai temi dell'inclusione e della valorizzazione del patrimonio culturale, i rischi e le risorse delle recenti sperimentazioni nel campo del *deep learning* e dell'*artificial intelligence* (AI), le conseguenze sulle contemporanee modalità di percezione e le mutazioni legate a una fruizione interattiva.

prompt us to reflect on the issue of duplication of the real. Eidomatic images are gradually moving further and further away from their 'catoptric dimension' as a critical mirror of reality and gradually moving toward a 'duplication' involving the emotional sphere. It is a process of dematerialization that also challenges the very criterion of 'existence'. The Renaissance perspective that ordered objective reality according to a rational conception gives way to a new spatial dimension in which man 'adapts' to the new informational nature of the environment that welcomes him.

This paper deals with the evolutions of optical and catoptric techniques for the representation of space: from optical cameras to photogrammetry to modern image-based techniques. The potentialities related to the issues of cultural heritage inclusion and enhancement, the risks and resources of recent experiments in the field of deep learning and Artificial Intelligence (AI), the consequences on contemporary modes of perception, and the mutations related to an interactive fruition are highlighted.

Le premesse ottiche e geometriche

Gli studi sull'ottica e la catottrica, fin dall'antichità, hanno posto le basi per lo sviluppo della *perspectiva naturalis* e successivamente della *perspectiva artificialis* ma hanno avuto anche un ruolo decisivo nell'evoluzione dei sistemi e dei dispositivi di 'misura'.

Euclide fornì un contributo decisivo in tal senso con il suo trattato *Ottica*, in cui fissò le basi delle teorie della visione, mentre nel trattato *Catottrica* – di dubbia attribuzione – si trovano i fondamenti della teoria delle immagini speculari. I due trattati sono introdotti da alcuni postulati o definizioni a cui seguono le proposizioni o teoremi. A differenza degli *Elementi*, l'*Ottica* non rielabora concetti precedentemente noti ma costituisce, probabilmente, il primo modello matematico della percezione visiva (Euclide, 300 a.C./2007, p. 2025). Le sette definizioni fissano i fondamenti degli studi successivi che condurranno alla prospettiva rinascimentale. La propagazione dei raggi visuali in linea retta, la formulazione del cono ottico e la riduzione percettiva della dimensione degli oggetti saranno cardini imprescindibili e contribuiranno anche allo sviluppo degli studi in astronomia e alla realizzazione di strumenti ottici per rilievi topografici.

Fondamento essenziale delle concezioni euclidee era la teoria estromissiva, successivamente condivisa anche da Tolomeo e Al-Kindi. Su un approccio intromissivo si basavano invece gli studi di Alhazen, raccolti nel *Kitab Al-Manazir*, titolo originale dell'opera che nel 1165 fu tradotta in latino [1] e pubblicata nel 1572 insieme al trattato di Vitellione *Opticae Thesaurus Al-Hazeni Arabi Libri VII*. Egli affermava che “la visione avviene per i raggi emessi dall'oggetto verso l'occhio” (Alhazen, 1572, p. 7), superava la concezione estromissiva che prevedeva l'esistenza di entità o spiriti irradiati dall'occhio e, per la prima volta, ipotizzava che la visione potesse avvenire per rifrazione dei raggi luminosi. Alhazen, inoltre, confutò i postulati V, VI e VII dell'*Ottica* di Euclide. Per lo studioso arabo l'ampiezza dell'angolo sotteso alla visione dell'oggetto non è sufficiente alla percezione delle profondità spaziali ma ad essa va affiancato un parametro imprescindibile: la distanza tra osservatore e oggetto. A tal fine propose due esperimenti, uno dei quali prevede che, attraverso un foro praticato su una parete, si guardi verso un ambiente che contiene altre due pareti dello stesso colore ma di altezze diverse (fig. 2). Al di là delle finalità di tale esperimento,

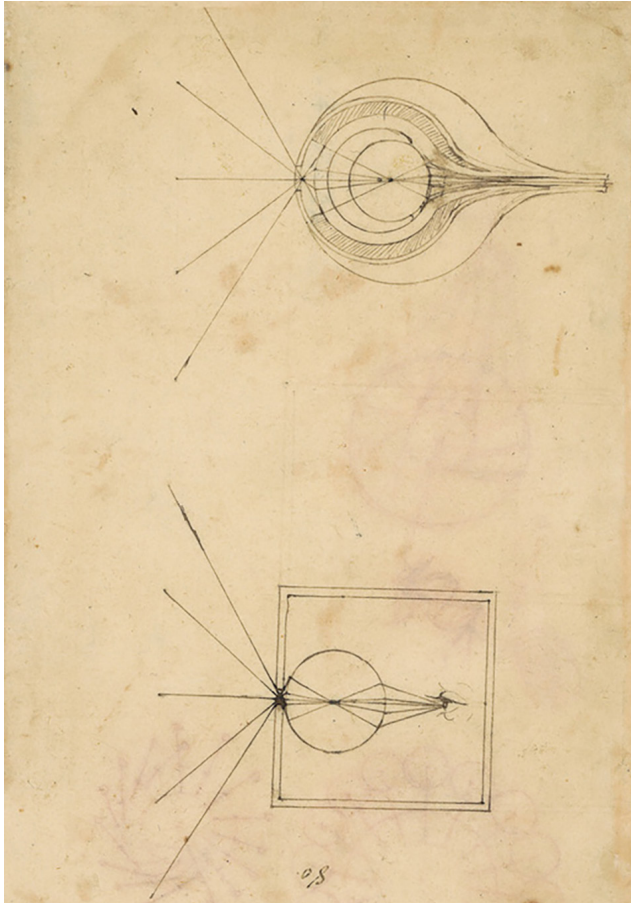
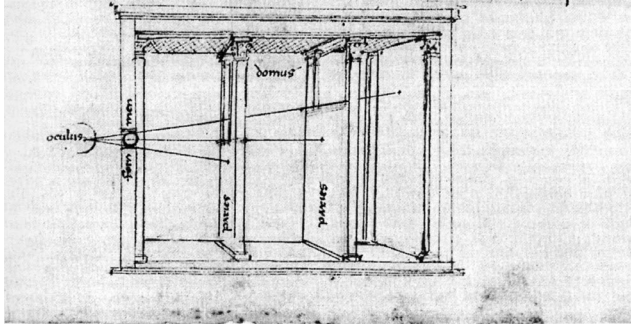
Fig. 1
Félix Nadar,
Autoportrait 'tournant',
c. 1865.

Fig. 2
Alhazen, *Perspectiva*,
1165. L'esperimento
illustrato prevede
che un osservatore
traguardi un ambiente
attraverso un foro
praticato su una parete
divisoria per valutare
la percezione delle
distanze tra due pareti
con altezze differenti.

Fig. 3
Leonardo da Vinci,
Codex Atlanticus,
penna, inchiostro.
Analogia tra
percezione visiva e
camera oscura.

dispozame componem un p...
 quasi et si rocheno insieme e forsi est
 m...a che sia vno p...a continuo
 f...i el p...ete primo fosse z...ore da
 l...orame mediore m...ete e se h...a p...i
 che siano propinquo alui adue...e a

ante sino icorpi ead
 te la z...amone tel...o...e
 so h...a m...ensurato
 tre cose cha p... quist
 an...u...ione cost no
 v...e si ann...rende



l'intuizione di traguardare attraverso un 'mirino' per cogliere le differenze percettive legate alla distanza pose un fondamento empirico per successive sperimentazioni nel campo delle proiezioni prospettiche e, più tardi, della fotografia.

Su tale solco si inseriscono le note tavolette di Brunelleschi che, in questa sede, più che per gli aspetti legati alla prospettiva, meritano di essere menzionate per l'ingegnoso meccanismo ottico e catottrico adottato. L'artista fiorentino praticò un foro sulle tavole che riproducevano le due prospettive del Battistero e di Palazzo della Signoria, in corrispondenza del punto principale. Attraverso tale foro, dal retro di ogni tavoletta, era possibile traguardare nella direzione coincidente con l'asse visuale principale della prospettiva. L'osservatore, con l'altra mano, poteva frapporre uno specchio o rimuoverlo, in maniera da confrontare la visione reale con l'immagine prospettica riflessa. Inoltre, per accrescere l'effetto realistico, Brunelleschi cosparses una lamina d'argento sull'area del disegno corrispondente al cielo, in modo da consentire la riflessione del cielo reale sul disegno prospettico. Il meccanismo serviva per verificare la corrispondenza tra prospettiva e percezione visiva e non come strumento per disegnare; tuttavia, attraverso quello che oggi chiamiamo foro stenopeico, si aprirà il campo alla sperimentazione di dispositivi per la rappresentazione.

Il foro stenopeico era già stato utilizzato in precedenza per le osservazioni astronomiche del francese Guglielmo di Saint-Cloud che registrò la posizione del sole, della luna e dei pianeti dal 1292 al 1312 riportandole nel suo *Almanach planetarum*. Egli adottò un procedimento – descritto nel prologo del suo trattato – per proiettare il sole su uno schermo, con l'ausilio di una sorta di *camera obscura* [2].

Anche Leonardo si interessò ai temi dell'ottica provando a districarsi tra le teorie complesse e contraddittorie del suo tempo. "L'occhio del quale l'esperienza ci mostra così chiaramente l'ufficio, è stato definito insino al mio tempo da un numero infinito di autori di un dato modo, ed io trovo che esso è completamente diverso" (Da Vinci, 1452-1519, fol. 361v). In realtà, gli studi sull'ottica di Leonardo non sono il campo in cui l'artista fiorentino ha espresso le intuizioni più innovative rispetto alle conoscenze coeve (Ronchi, 1954, pp. 179, 180). Tuttavia, sono degni di nota i suoi studi sulla formazione delle immagini all'interno dell'occhio umano e sul loro ribaltamento. Egli evidenziò le analogie tra i processi visivi e la formazione dell'immagine

Fig. 4
Leonardo da Vinci,
Codex Atlanticus,
c. 1480-1482,
punta d'argento,
prospettografo
(dettaglio).

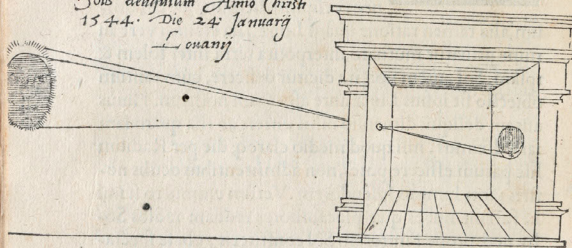
Fig. 5
Reiner Gemma Frisius,
xilografia, descrizione
grafica del dispositivo
utilizzato per studiare
l'eclissi solare del 24
gennaio 1544.



RADII ASTRONOMICI

ma eiusq; diametru[m] mox aut ante deliquium aut post, in eadem tabella aequaliter a foramine per quod Radius admittitur remota exciperet, & ducta deinde diametro diuidat ipsam circino in .12. aequalis partes, quam primu[m] videbit uncias Solis deficientis. Verum hoc omnino scire necessarium est, contrario modo apparere defectum illum in tabula per radios Solis, quam in caelo contingit: hoc est, si in caelo superior pars deliquiui patiatur, in radiis apparebit inferior deficere, vt ratio exigit optica.

*Solis deliquium Anno Christi
1544. Die 24. Januarij
L. ouanij*



Sic nos exacte Anno .1544. Louanii eclipsim Solis obseruauimus, inuenimusq; deficere paulo plus q̄ dextantem, hoc est. 10. uncias siue digitos vt nostri loquuntur. Fuitq; medium deliquiui nono Kalen. Februarias hora. 8. minutis. 53. plus minus ante medium diem. Apparuit autē inferior Solis pars denigrata, quanquam communes tabulae superiorem designent. Per huiusmodi ergo obseruationes Solis, Lunae, ac aliarum stellarum motus, & regionum longitudines corrigi possunt. Et quod de

attraverso un piccolo foro praticato su una superficie: un dispositivo che chiamerà *Oculus Artificialis*. In un taccuino, poi confluito nel *Codex Atlanticus*, Leonardo descrisse il funzionamento di una *camera obscura* [3]. Nello stesso Codice si troveranno disegni che documentano il ribaltamento della fiamma di una candela (f. 346v) e l'analogia tra *camera obscura* e percezione visiva (f. 921r) (fig. 3). Nel *recto* del foglio 5, in un disegno posto a margine, si può chiaramente notare un prospettografo: una tavoletta con un foro stenopeico come ausilio alla realizzazione di disegni dal vero (fig. 4).

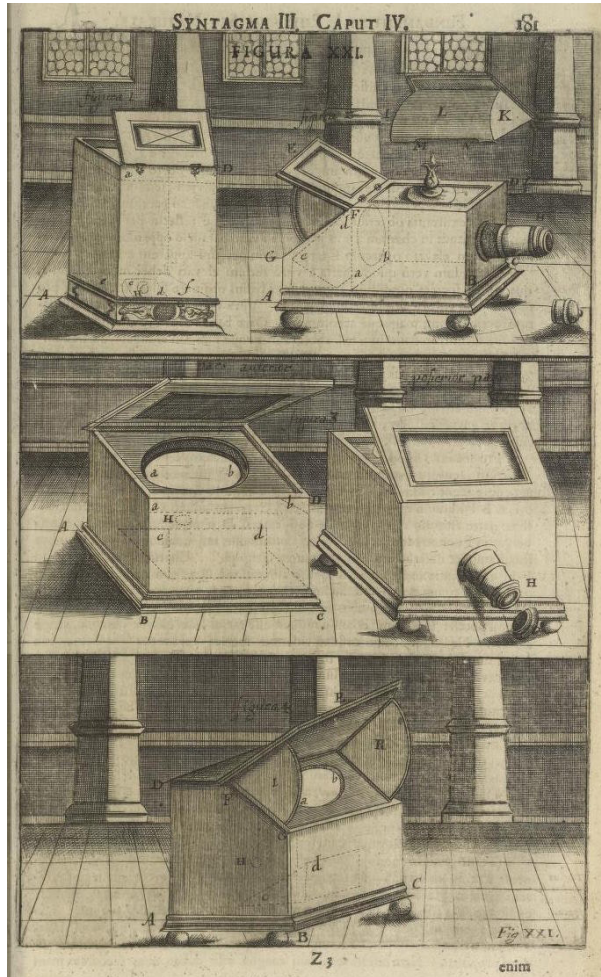
I dispositivi per la 'cattura' delle immagini: *camera obscura* e *camera lucida*

Il primo disegno compiuto di una *camera obscura* è da attribuirsi all'olandese Reiner Gemma Frisius (1545) che pubblicò una descrizione grafica del meccanismo utilizzato per studiare l'eclisse solare del 24 gennaio 1544 (fig. 5). In questo dispositivo si riflettevano gli studi di Alhazen e Leonardo, consegnandoci la sintesi operativa di ricerche che influenzeranno gli strumenti di cattura delle immagini nei secoli successivi. Esso, difatti, fu utilizzato da molti artisti del Rinascimento per ottenere proiezioni di soggetti, scene e paesaggi.

Decisivi furono alcuni correttivi che resero la *camera obscura* più funzionale. Nel 1550 Girolamo Cardano applicò una lente convessa al foro stenopeico per ottenere immagini più nitide. Ciò aprì il campo all'utilizzo di sistemi lenticolari per la correzione delle immagini, precursori dei moderni obiettivi fotografici. A Giovan Battista Della Porta (1558) si deve l'introduzione di un ulteriore elemento innovativo. Nel suo trattato *Magia Naturalis...* descrisse una *camera obscura* con lente e munita di uno specchio capace di ribaltare l'immagine su un vetro smerigliato orizzontale. Il meccanismo della proiezione diveniva così più funzionale e iniziò a diffondersi tra gli artisti del '600. Tale sistema fu ottimizzato da Johann Zahn (1685) che pubblicò una serie di illustrazioni di un dispositivo con specchio inclinato a 45° rispetto all'asse ottico della lente. L'immagine ottenuta era quindi corrispondente con quella osservata e poteva essere ricalcata in un foglio posto su un vetro opaco. Di tale meccanismo ottico Zahn ne fece un esemplare più piccolo e portatile che venne

Fig. 6
Johann Zahn, *Camera obscura*.

Fig. 7
Camera ottica utilizzata da Canaletto, XVIII secolo, legno, vetro e specchio, 22,5 × 38,0 × 24,2 cm (chiusa). Iscrizione su coperchio: A. Canal.



utilizzato per circa due secoli da pittori e disegnatori tecnici. Era il primo prototipo *ante litteram* di una 'macchina fotografica reflex' (fig. 6).

Note sono le applicazioni della *camera ottica* nelle opere di Canaletto e del nipote Bernardo Bellotto. I due artisti la utilizzavano per tracciare schizzi preparatori delle loro vedute, così realistiche proprio perché fondate su un preciso schema ottico-proiettivo. Canaletto disegnava l'immagine rovesciata della scena per parti e su più fogli che successivamente univa in un'unica vista panoramica; Bellotto tracciava l'intera scena in un solo foglio (figg. 7-9).

Tra i meccanismi ottici per la rappresentazione va menzionata anche la *camera lucida* (detta anche *camera chiara*), brevettata nel 1806 da William Hyde Wollaston, anche se in realtà già Keplero aveva descritto uno strumento analogo nel suo trattato *Dioptrice* del 1611. La denominazione, coniata dallo stesso Wollaston (Hoppe, 1926), rivela che il meccanismo poteva essere utilizzato in piena luce. Lo scienziato inglese sfruttò i suoi studi sulla fisica, l'ottica e la cristallografia. La camera chiara era costituita, difatti, da un prisma di cristallo a doppia riflessione che riproduceva un'immagine non capovolta della scena [4], a cui veniva praticato un piccolo foro. Il prisma era sostenuto da un braccio vicino all'occhio del disegnatore che, così, poteva vedere due immagini sovrapposte: quella della scena reale e quella ridisegnata sul foglio. La prima era percepita grazie alla riflessione del cristallo; la seconda per visione diretta del foglio attraverso il foro (fig. 10). Lo strumento era un ausilio utile per il disegno dal vero ma è stato ampiamente utilizzato, fino a pochi decenni fa, soprattutto dai microscopisti per la realizzazione di molte illustrazioni dei manuali di istologia e microanatomia.

La dagherrotipia e la fotogrammetria

Le evoluzioni nel campo dell'ottica, della catottrica e le conseguenti applicazioni pratiche erano già sufficientemente avanzate sul piano geometrico proiettivo. Mancava ancora l'ultimo tassello ovvero lo studio sulle reazioni chimiche dei materiali fotosensibili.

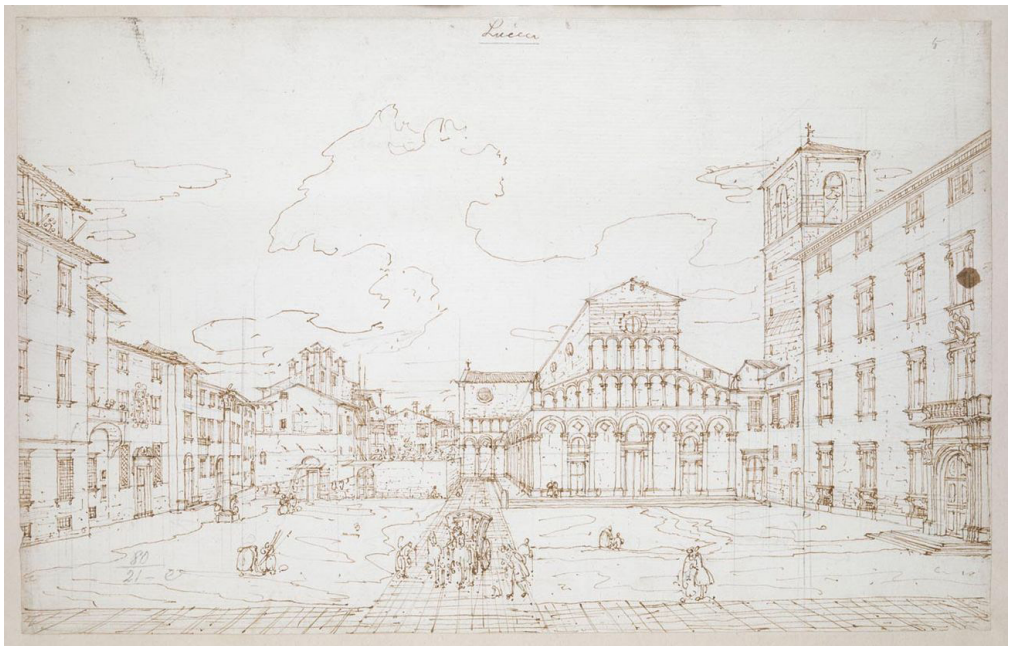
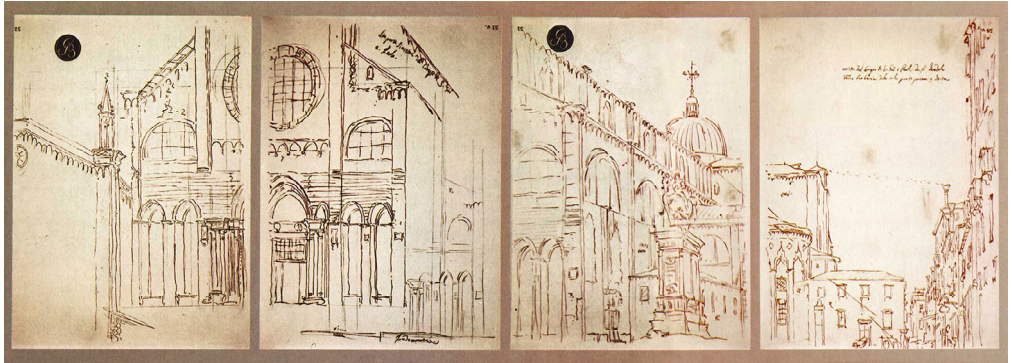
Un ruolo decisivo lo ebbe Joseph Nicéphore Niépce che, durante i suoi esperimenti per perfezionare la tecnica litografica, sostituì la pietra con lastre metalliche e sperimentò procedimenti per il fissaggio delle immagini con la luce. Presto cercò di applicare i

Fig. 8

Canaletto, *Campo Santi Giovanni e Paolo*, c. 1738, schizzi preparatori realizzati con camera ottica.

Fig. 9

Bernardo Bellotto, *Santa Maria Forisportam*, Lucca, 1740, schizzo preparatorio realizzato con camera ottica.



suoi studi alla fotografia utilizzando una camera oscura. Il 3 settembre 1824 riuscì a ritrarre i soli contorni di un paesaggio ma due anni più tardi ottenne la prima fotografia della storia su una lastra di peltro per eliografia (fig. 11). Il procedimento fu successivamente perfezionato da Louis Daguerre ottenendo immagini con maggiore nitidezza (fig. 12). La collaborazione tra Niépce e Daguerre diede origine alla dagherrotipia, annunciata entusiasticamente nel gennaio del 1839 [5], e aprì nuove prospettive nei processi di costruzione dell'immagine.

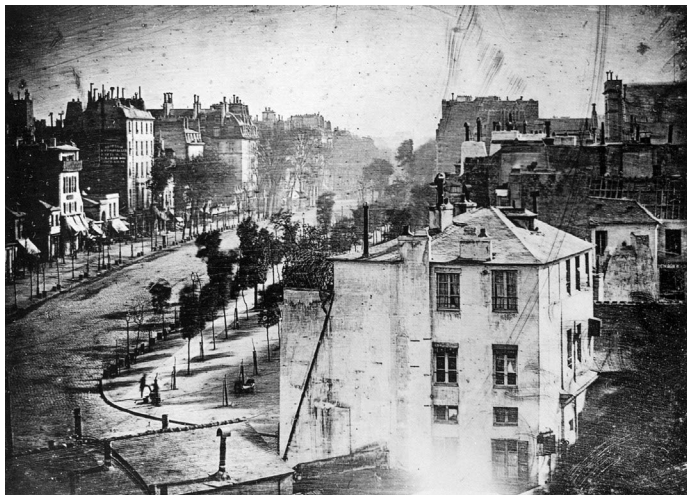
Oltre alle evidenti ricadute nel campo dell'arte, la fotografia ebbe dirette conseguenze anche in ambito operativo come ausilio al rilievo e alla rappresentazione, sia in campo topografico che architettonico. Il colonnello francese Aimé Laussedat (1819-1907) iniziò le sue sperimentazioni con la camera chiara di Wollaston ricavando proiezioni ortogonali da immagini prospettiche con un procedimento che più tardi verrà chiamato 'raddrizzamento'. Successivamente iniziò a utilizzare la camera oscura. Nel 1851 mise a punto un metodo, che chiamò *metrofotografia*, fondato sull'identità tra fotografia e prospettiva. Tra il 1851 e il 1859, Laussedat realizzò una camera metrica con focale da 50 mm e campo ottico di 30°. Grazie ad essa riuscì a determinare la posizione di un punto attraverso l'intersezione di due semirette condotte dagli estremi di un segmento detto base. Il risultato fu ottenuto tramite un procedimento grafico-analitico, ricostruendo in laboratorio le condizioni di ripresa dal vivo di una coppia di fotografie (Bezoari & Selvini, 1999). Sono i primi passi della fotogrammetria.

Tra il 1859 e il 1861 Laussedat elaborò i primi rilievi topografici e nel 1858 fece le prime sperimentazioni di fotogrammetria aerea con l'ausilio di mongolfiere. Intorno alla seconda metà dell'Ottocento furono realizzate molte riprese fotografiche dall'alto con l'ausilio di palloni aerostatici. Le più note sono quelle scattate, a partire dal 1858 da Félix Nadar, a bordo del suo aerostato *Le Geant* (figg. 13, 14), ma vanno ricordate anche le foto di Boston scattate nel 1860 da James Wallace Black dalla mongolfiera *Queen of the Air* di Samuel King (fig. 15) e quelle a uso militare realizzate in occasione della guerra di secessione americana e della guerra franco-prussiana. Tali fotografie, tuttavia, non furono utilizzate per elaborazioni topometriche. Poco più tardi, nel 1903, il fotografo austriaco Theodor Scheimpflug elaborò un sistema per trasformare le immagini fotografiche aeree in carte geografiche. Il

Fig. 10
Camera Lucida,
illustrazione.

Fig. 11
Joseph Nicéphore Niépce, *Vue de la fenêtre du domaine du Gras (Vista dalla finestra a Le Gras)*, 1927. La prima foto della storia, ottenuta spargendo uno strato di bitume su una lastra di rame ricoperta d'argento e con un'esposizione di più di otto ore.

Fig. 12
Louis-Jacques-Mandé Daguerre, *Boulevard Temple Paris*, c. 1838, dagherrotipo.



suo strumento venne chiamato *Photoperspektograph* e si basava su un concetto geometrico proiettivo: mentre in fase di ripresa il piano del fotogramma e dell'obiettivo sono tra loro paralleli, in fase di restituzione i tre piani su cui giacciono il fotogramma, l'obiettivo e il piano di proiezione devono necessariamente appartenere a un fascio. Il primo brevetto in materia venne concesso nel 1924 al suo connazionale Viectoris di Innsbruck e il primo strumento adatto allo scopo fu illustrato da Otto Lacmann nel 1929 in una conferenza a Berlino (Monti & Selvini, 2018, pp. 84, 85). Tra gli anni Venti e Trenta del '900 furono realizzati i primi raddrizzatori sulla base delle indicazioni fornite da Scheimpflug agli inizi del secolo (fig. 16).

In Italia le riprese da mongolfiera si diffusero nel primo decennio del XX secolo per uso prevalentemente militare. Il maggiore Cesare Tardivo rilevò circa 50 km del corso del Tevere, scattando fotografie aeree da un pallone aerostatico frenato tramite ancoraggio a una zattera che si muoveva lungo il corso del fiume. Gli esiti furono presentati nel 1912 a Vienna, in occasione del I Congresso Internazionale di Fotogrammetria (Monti & Selvini, 2018, pp. 40, 41) (figg. 17, 18). A Cesare Tardivo si devono anche le prime fotografie scattate da un aereo a fini cartografici: un fotomosaico di Bengasi in scala 1:4.000.

Il 17 dicembre 1903 l'invenzione dei fratelli Wright muterà radicalmente le modalità di ripresa per finalità aerofotogrammetriche. Le rapide innovazioni nel campo degli aeroplani ne fecero presto uno strumento prezioso non solo per fini civili ma anche militari. Apparvero le così dette 'fotomitragliatrici' – fotocamere munite di calcio e grilletto capaci di scattare sequenze fotografiche dei vari fronti – e le prime fotocamere ad asse nadirale. Da qui iniziò un processo di evoluzione che condurrà alle più avanzate tecniche di ripresa aerea.

La fotogrammetria architettonica

Più o meno negli stessi anni in cui Laussedat compiva le sue prime sperimentazioni fotogrammetriche, anche l'architetto tedesco Albrecht Meydenbauer muoveva i primi passi in questo campo. Nel settembre del 1858, durante le fasi di documentazione della cattedrale di Wetzlar, ebbe un incidente rischiando di cadere dalla navata laterale. Da qui nacquero i suoi studi sul rilievo delle

Fig. 13
Félix Nadar,
*autoritratto in
mongolfiera*, biglietto
da visita (recto), c.
1865, stampa su carta
all'albumina.

Fig. 14
Félix Nadar, *riprese
aeree da mongolfiera
dell'Arco di Trionfo*,
Parigi, c. 1860.

Fig. 15
James Wallace Black,
*Boston, as the Eagle
and the Wild Goose
See It (Boston, come la
vedono l'aquila e l'oca
selvatica)*, 1860, 18,5
× 16,7 cm.



facciate tramite misurazione indiretta da immagini fotografiche. Nel 1860, in un memorandum indirizzato al curatore dei beni culturali in Prussia von Quast, evidenziò le potenzialità della fotografia per la documentazione dei monumenti (Albertz, 2001, p. 19). Nel 1867 realizzò un sistema ibrido che univa una macchina fotografica con uno strumento di misura. La fotocamera, munita di obiettivo grandangolare, utilizzava un meccanismo già sperimentato da Ignazio Porro nel 1858, ovvero una guida circolare per ruotare l'apparecchiatura in senso orizzontale (Monti & Selvini, 2018, pp. 13, 14) (fig. 19). Era, tra l'altro, una delle prime camere metriche. Nell'estate dello stesso anno sperimentò la fotocamera sulla chiesa della città di Freyburg-on-Unstrut, a circa 180 km a sud-ovest di Berlino. In un articolo pubblicato nel dicembre del 1867 fu il primo a utilizzare il termine fotogrammetria.

Il sistema di restituzione di Meydenbauer era fondato su costruzioni grafiche di geometria descrittiva, approccio favorito dall'orientamento rigidamente verticale delle immagini. Egli applicò due metodi: il primo privilegiava l'uso di prese fotografiche di scorcio per favorire l'individuazione dei punti di fuga; il secondo individuava la posizione di un punto attraverso l'intersezione grafica di due raggi proiettanti. Tale metodo consentiva di ottenere la posizione di qualsiasi punto purché fosse presente su due o più riprese convergenti (Albertz, 2001, p. 21). Nasceva così la fotogrammetria architettonica (figg. 20, 21).

Analogico e analitico

Nella seconda metà dell'Ottocento cominciarono ad apparire i primi stereoscopi, dispositivi muniti di specchi e prismi che consentivano una percezione tridimensionale di oggetti ripresi da coppie di fotografie. Una loro evoluzione condusse allo *Stereokomparator* (stereocomparatore) costruito nel 1901 dal fisico tedesco Carl Pulfrich, che sarà successivamente alla base della fotogrammetria analitica (fig. 22). Erano già noti i semplici comparatori ma finalmente tale dispositivo consentiva di vedere una coppia di foto in stereoscopia e, grazie alla marca ideata da Franz Stolze, era possibile misurare ascisse, ordinate e parallassi con un'incertezza del centesimo di millimetro. Un dispositivo altrettanto importante, chiamato *Stereoautograph* (stereoautografo), fu realizzato nel

Fig. 16

Raddrizzatore di Roussille. Uno dei primi raddrizzatori realizzato secondo le indicazioni di Scheimpflug.

Fig. 17

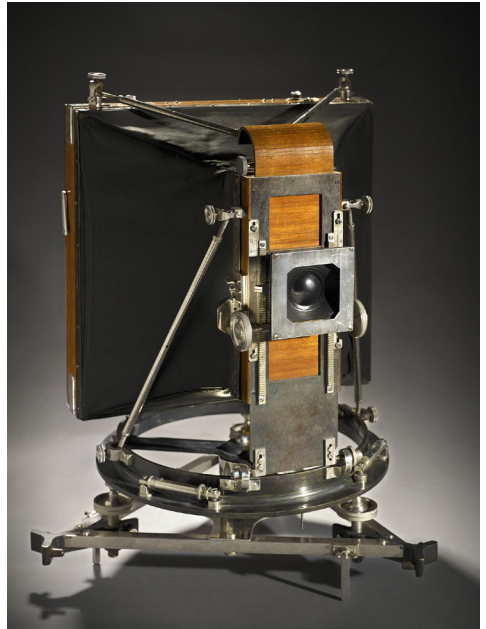
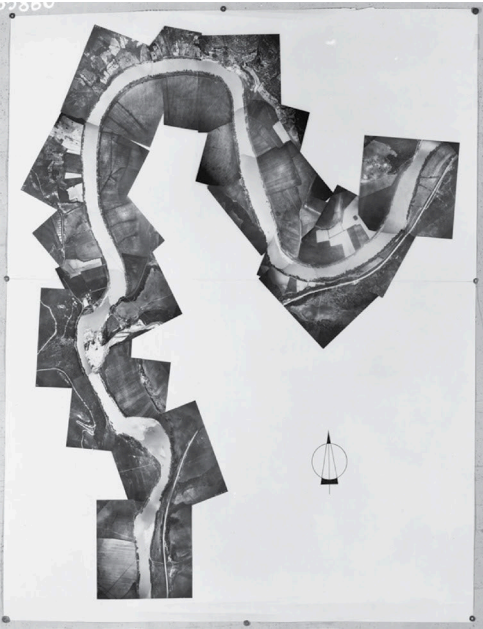
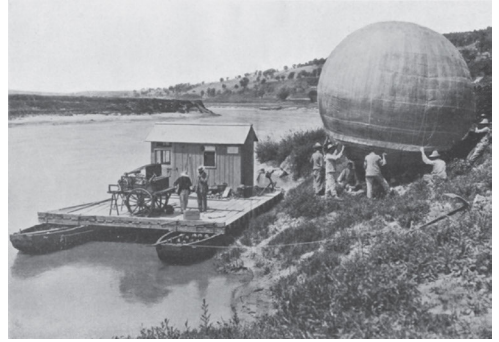
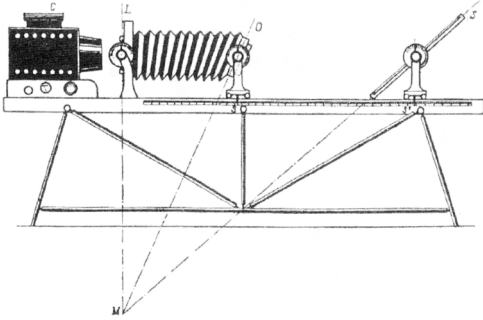
Riprese aeree del Tevere da Stimigliano a Ponte del Grillo, 1908. Laboratorio aerofotografico su zattera e pallone aerostatico frenato.

Fig. 18

Riprese aeree del Tevere da Stimigliano a Ponte del Grillo, 1908. Fotomosaico di 16 fotogrammi di formato 21,0 × 21,5 cm, stampa a contatto di lastre di vetro.

Fig. 19

Camera metrica di Meydenbauer, 1898.



1908 dall'ufficiale austriaco Eduard von Orel (fig. 22). Esso era composto da un tavolo da disegno munito di righe e regoli mobili, collegati con uno stereocomparatore. Il dispositivo richiedeva due operatori per compiere la trasformazione proiettiva che, in tedesco, venne denominata *auswertung*, tradotta in italiano col termine 'restituzione' (Monti & Selvini, 2018, p. 26). Grazie alla collaborazione con Carl Pulfrich il dispositivo fu successivamente implementato, giungendo al primo restitutore 'universale', lo *Stereoplanigraph C3*. Esso, per la prima volta, permetteva di esplorare il modello e di tracciare con continuità la planimetria e le curve di livello. Un dispositivo che, come afferma Jean-Paul Sain Aubin, rappresenta "il matrimonio meccanico della fotogrammetria e della stereoscopia" (Sain-Aubin, 1992; De Luca, 2011, p. 23) [6].

Nei decenni successivi, fino agli anni Sessanta del '900, si assisterà a un convulso susseguirsi di dispositivi per le restituzioni fotogrammetriche analogiche. Essi si basano essenzialmente su tre tipologie: a proiezione ottica, in cui i raggi proiettanti e le loro intersezioni sono individuati da raggi ottici; a proiezione meccanica, in cui i raggi sono individuati da aste metalliche con sistemi di carrelli mobili secondo le tre direzioni cartesiane (coordinatometro); a proiezione ottico-meccanica. Un tavolo da disegno automatico, collegato con il coordinatometro, individua su carta la posizione del punto cercato. I restitutori analogici consentono di tracciare con continuità ogni linea che definisce una forma nello spazio e di riportarla sul piano da disegno. Pertanto, pur acquisendo tutti e tre i parametri spaziali di ogni elemento rilevato sarà possibile restituire soltanto una rappresentazione bidimensionale sul piano x, y (Docci & Maestri, 2002, pp. 116-118) (fig. 23).

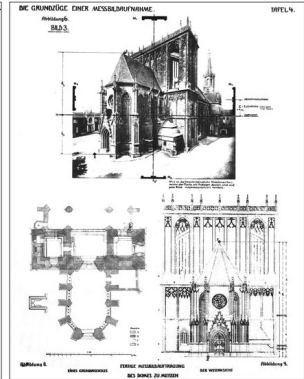
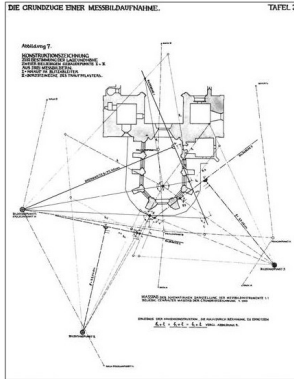
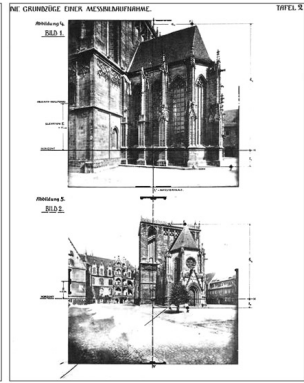
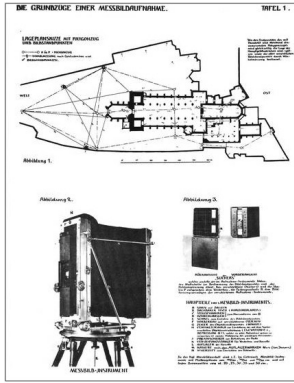
Un'ulteriore invenzione epocale doveva ancora stravolgere il mondo della fotogrammetria. Nel 1941 Konrad Zuse inventò lo *Z3*, il primo computer basato sul sistema numerico binario mentre, negli Stati Uniti, nel gennaio del 1943, fu realizzato l'*Harvard Mark I*, progettato da Howard Hathaway Aiken dell'Università di Harvard. La strada era spianata per l'affermazione della fotogrammetria analitica che si diffonderà a partire dagli anni Cinquanta del '900 (Konecny, 1985). I nuovi strumenti erano essenzialmente composti da tre componenti: lo stereocomparatore che permetteva di osservare stereoscopicamente due fotogrammi e di individuare le coordinate lastra di un punto; un computer che elaborava i calcoli; l'elettrocoordinatografo

Fig. 20

Cattedrale di Meissen, Sassonia. Materiale didattico di Albrecht Meydenbauer.

Fig. 21

Cattedrale francese di Gendarmenmarkt, Berlino. Fotografia realizzata da Albrecht Meydenbauer nel 1882 per sperimentazioni sul rilievo metrico tramite fotografie, 40 × 40 cm. L'immagine è stata utilizzata tra il 1977 e il 1982 per la ricostruzione della chiesa, danneggiata durante la Seconda Guerra Mondiale.



che acquisiva le coordinate. I dati potevano essere estratti attraverso una lettura numerica o tramite registrazione automatica (Docci & Maestri, 2002, pp. 119, 120). Ma il contributo dell'informatica doveva ancora spingersi oltre.

La fotogrammetria digitale

La crescita esponenziale delle tecnologie digitali negli ultimi decenni ha prodotto l'ultimo decisivo salto nei processi di elaborazione fotogrammetrica. A partire dagli anni Novanta del '900 iniziano a diffondersi i primi programmi per i raddrizzamenti fotografici. Dietro i procedimenti di tali software si celano secoli di evoluzione sulle nozioni proiettive e decenni di sperimentazioni sui processi di restituzione delle immagini fotografiche. Le nozioni di Scheimpflug e i procedimenti proiettivi di restituzione fotogrammetrica per via geometrica vengono tradotti in algoritmi, fruibili tramite un'interfaccia semplificata che non ha bisogno di costosi sistemi di analisi delle immagini né di complessi e lunghi processi di costruzione geometrica. Si ottengono, così, fotografie rettificate sulla base dell'orientamento interno di ogni fotogramma [7] e con l'ausilio di alcune misure d'appoggio rilevate in situ (figg. 24, 25).

Un'ulteriore evoluzione si registra con le più avanzate tecniche di rilievo *image-based*, conseguenza degli studi sulla *computer vision* a cui Oliver Faugeras dell'INRIA (*Institut national de recherche en informatique et automatique*) ha fornito un contributo decisivo (De Luca, 2011, p. 23). I risultati di tali elaborazioni non saranno semplici proiezioni ortogonali o, al più, sommiari modelli 3D, ma repliche tridimensionali capaci di riprodurre sia le caratteristiche geometriche spaziali che quelle materiche e cromatiche. Il processo si basa sull'analisi dei singoli fotogrammi, elaborati come matrici bidimensionali di pixel, da cui estrarre informazioni spaziali e cromatiche. Essi vengono analizzati da complessi algoritmi che, grazie all'individuazione di punti omologhi, permettono di ricavare la posizione di ogni fotogramma in relazione al blocco fotogrammetrico che lo contiene. La correlazione delle immagini avviene per via automatica. Ciò permette di determinare orientamento interno e orientamento esterno [8] di ogni singolo fotogramma e, di conseguenza, la posizione nello spazio di una grande quantità di

Fig. 22

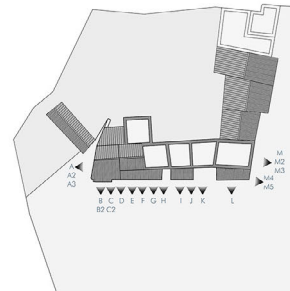
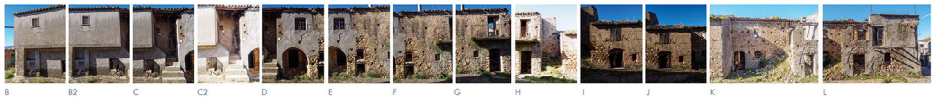
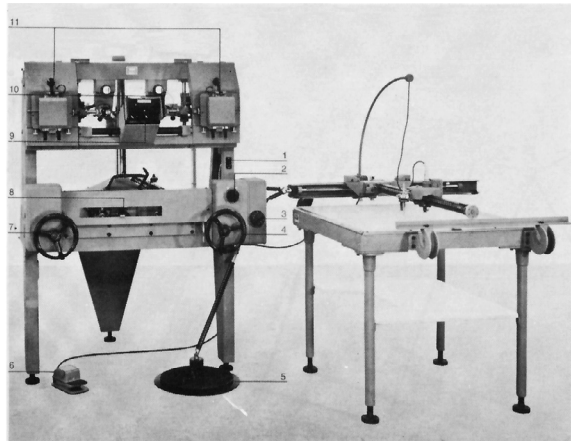
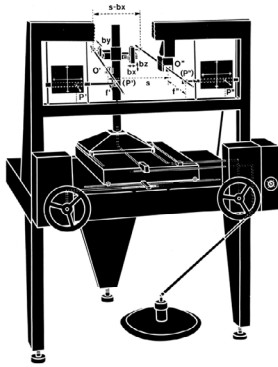
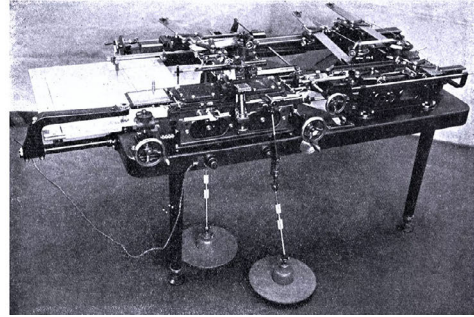
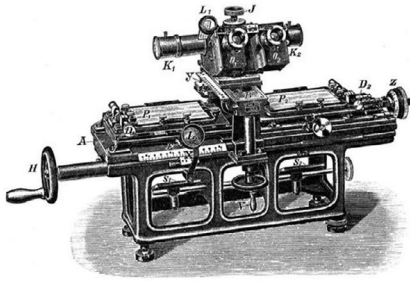
A sinistra: *Stereokomparator* (Stereocomparatore) di Carl Pulfrich, 1901. A destra: *Stereoautograph* (Stereoautografo) di von Orel, 1908.

Fig. 23

Autografo Wild mod. A40. A sinistra: schema di funzionamento.

Fig. 24

Ferruzzano Superiore, ruderi. Workflow del processo di raddrizzamento fotografico.



punti appartenenti alla superficie dell'oggetto. Dalla *point cloud*, infine, è possibile ricavare un modello 3D con texture e caratteristiche cromatiche (fig. 26).

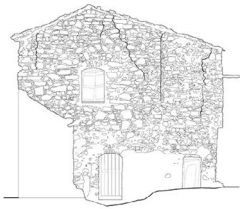
È un processo che richiede un'esplorazione fotografica a 360° e che ricorda il famoso *autoritratto rotante* di Nadar, realizzato nel 1865, in cui il fotografo francese ritrasse sé stesso in 12 scatti (fig. 1). La visione multipla restituisce una rappresentazione globale e valorizza le potenzialità dello strumento fotografico. Nella sperimentazione artistica del fotografo francese si scorge un'anticipazione di quelle metodologie di rilievo a riprese convergenti che sta alla base delle tecniche di fotomodellazione. Non è più sufficiente una singola immagine o una coppia stereometrica di fotografie. Da una visione parziale e 'soggettiva' si passa a una raccolta di immagini molteplici che, attraverso la sommatoria di più punti di vista e la corrispondenza proiettiva tra punti omologhi, restituisca una rappresentazione globale, 'oggettiva' e 'misurata' della realtà.

La replica digitale e la fruizione inclusiva

Tali processi di elaborazione permettono di ottenere una replica digitale dell'oggetto. Il modello 3D texturizzato porta con sé, oltre alle informazioni metriche, anche dati sulle qualità colorimetriche e sullo stato di conservazione, utili per approfondite analisi multidisciplinari e multiscalari (figg. 27, 28). Accanto alle tradizionali applicazioni nel rilievo territoriale e architettonico, tali strumenti offrono innovative potenzialità nel campo della documentazione e dell'analisi del patrimonio culturale.

Tali tecniche, difatti, consentono la produzione di veri e propri 'gemelli digitali', utilizzabili anche per strategie di fruizione virtuale e comunicazione interattiva e inclusiva. Le applicazioni sono molteplici: AR, VR, MR, *visual story-telling*, prototipazione 3D per fruizioni tattili e multisensoriali, ambienti virtuali, *feedback* tattili, ecc. Sono strategie di *edutainment* che rispondono all'esigenza di rendere sempre più inclusiva e democratica la fruizione del *Cultural Heritage* (*Carta di Londra* 2008, Principio 6.1) [9]. Al tempo stesso, collezioni locali e strutture espositive con limitate risorse economiche trovano nella fruizione virtuale un'occasione di disseminazione e divulgazione a basso costo che possa accrescerne la visibilità e l'attrattività. Molte sono le applicazioni che consentono una fruizione

Fig. 25
Ferruzzano Superiore, ruderi. Fotomosaico di raddrizzamenti fotografici e disegno materico.



0 2 4m

virtuale AR e in visione stereoscopica di riproduzioni del patrimonio culturale (figg. 29, 30). Tuttavia, l'efficacia dal punto di vista operativo di tali tecniche nasconde alcuni rischi connessi alla particolare natura mimetica delle repliche digitali.

L'ampia disponibilità di tecniche semplici ed economiche sta favorendo il passaggio da un mondo fisico newtoniano a un nuovo ambiente 'ibrido', in cui convivono contenuti materiali e informativi, dove diventa sempre più difficile distinguere il mondo reale dall'infosfera (Floridi, 2017, p. 111). Le fruizioni digitali e interattive di modelli 3D sempre più realistici pongono il tema della duplicazione del reale. Le immagini eidomatiche si allontanano sempre più dalla loro 'dimensione catottrica', come specchio critico della realtà, e si spingono gradualmente verso una 'duplicazione' che coinvolge la sfera emozionale (Goleman, 1995). È un processo di smaterializzazione che mette in discussione anche il criterio stesso di esistenza. Come afferma Luciano Floridi:

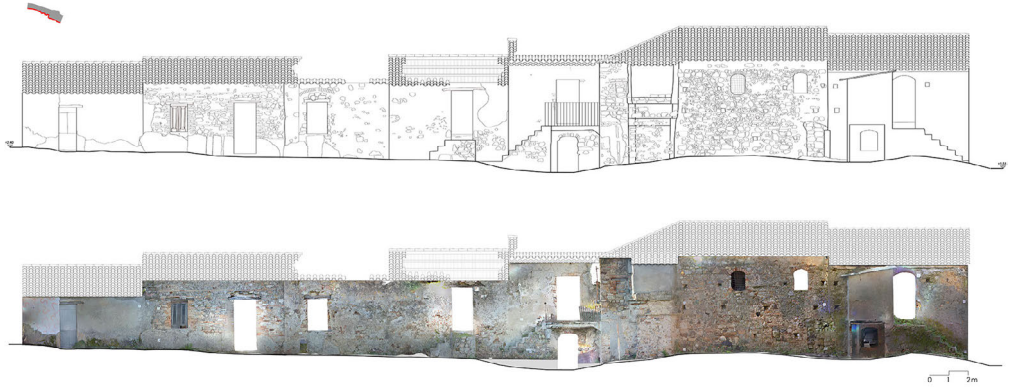
per i filosofi antichi e medievali solo ciò che è immutabile, vale a dire Dio, esiste pienamente. [...] I filosofi moderni hanno preferito associare l'esistenza alla possibilità di essere soggetto a percezione. [...] A immutabilità e percepibilità possiamo aggiungere oggi l'interattività. La nostra filosofia sembra suggerire che 'essere è essere in interazione', anche se ciò con cui interagiamo è solo transitorio e virtuale (Floridi, 2017, pp. 58, 59)

La prospettiva rinascimentale ordinava la realtà oggettiva secondo la concezione razionale dell'uomo; oggi si diffonde sempre più una nuova dimensione spaziale in cui l'uomo si 'adatta' alla nuova natura informazionale dell'ambiente che lo accoglie.

Il mondo dell'infosfera ci sta abituando alla creazione di contenuti infografici virtuali e talvolta ingannevoli, riducendo le capacità di percezione critica. Pertanto, pur senza rinunciare alle potenzialità inclusive e di coinvolgimento emozionale (Goleman, 2014) che tali tecnologie consentono, occorre maneggiarle con cura e consapevolezza. La *Carta di Londra* del 2008 e *I Principi di Siviglia* del 2011 sono strumenti preziosi per la produzione di contenuti virtuali che rispettino i criteri di affidabilità e scientificità. Tuttavia, le più recenti sperimentazioni nel campo del *deep learning* e dell'*Artificial Intelligence* (AI) impongono un'ulteriore riflessione su potenzialità, rischi e strategie.

Fig. 26

Ferruzzano Superiore, ruderi. In basso: workflow del processo di rilievo *Structure from Motion*. In alto: ortofoto tratta dal modello 3D e disegno matrico.



Rilievo Fotogrammetrico - Esterno

	Chunk 1 Camera: 10/24 aligned Textures: 13 14 points, 41,452 points Dense Cloud: 18,822,087 points, Medium quality Dense Cloud: 17,111,146 points Orthomosaic: 41,124,207 pixels, 1:11 coverage	Chunk 2 Camera: 10/24 aligned Textures: 4 14 points, 19,192 points Dense Cloud: 30,341,587 points, High quality Dense Cloud: 4,848,217 points	Chunk 3 Camera: 10/27 aligned Textures: 7 14 points, 61,422 points Dense Cloud: 33,597,111 points, High quality Dense Cloud: 2,914,431 points	Chunk 4 Camera: 10/27 aligned Textures: 11 14 points, 104,210 points Dense Cloud: 1,000,000 points, Medium quality Dense Cloud: 461,101 points	Chunk 5 Camera: 10/26 aligned Textures: 8 14 points, 113,493 points Dense Cloud: 18,227,873 points, Medium quality Dense Cloud: 1,114,646 points	Chunk 6 Camera: 10/14 aligned Textures: 14 14 points, 138,349 points Dense Cloud: 18,852,049 points, Medium quality Dense Cloud: 1,101,898 points	Merged Chunk Camera: 10/27 aligned Textures: 45 14 points, 338,451 points Dense Cloud: 18,852,049 points Dense Cloud: 17,111,146 points Orthomosaic: 41,124,207 pixels, 1:11 coverage
1 Align photos Point cloud							
2 Build Dense Cloud Dense Cloud							
Dense Cloud classes							
3 Build Mesh Shaded							
Solid							
Wireframe							
4 Build Texture Textured							
5 Build Orthomosaic Orthomosaic							

Conclusioni e prospettive

Le più stravaganti invenzioni di Primo Levi (1966), che nel suo racconto *Il versificatore* [10] ipotizzava l'esistenza di un elaboratore elettronico capace di scrivere composizioni poetiche, sembrano oggi visioni premonitriche. Le recenti tecnologie *text-to-text* e *text-to-image* rese disponibili dall'AI, seppur ancora in fase embrionale, prefigurano un futuro in cui le relazioni tra realtà ed infosfera diverranno ancor più intrecciate e complesse. In pochi decenni abbiamo vissuto un passaggio dalla realtà analogica a quella virtuale, per proiettarci infine in un universo informazionale. Oggi siamo agli albori di un'ennesima mutazione epocale che investirà il mondo della conoscenza e dell'immaginazione, in cui sarà sempre più difficile distinguere il vero dal 'verosimile' e che necessariamente avrà ripercussioni anche nel campo del rilievo e della rappresentazione.

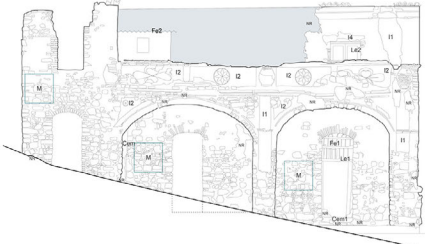
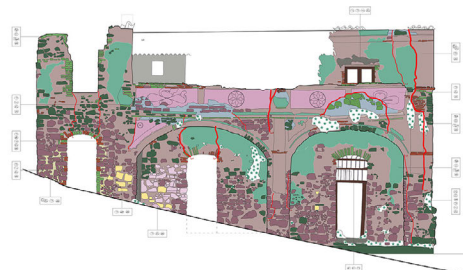
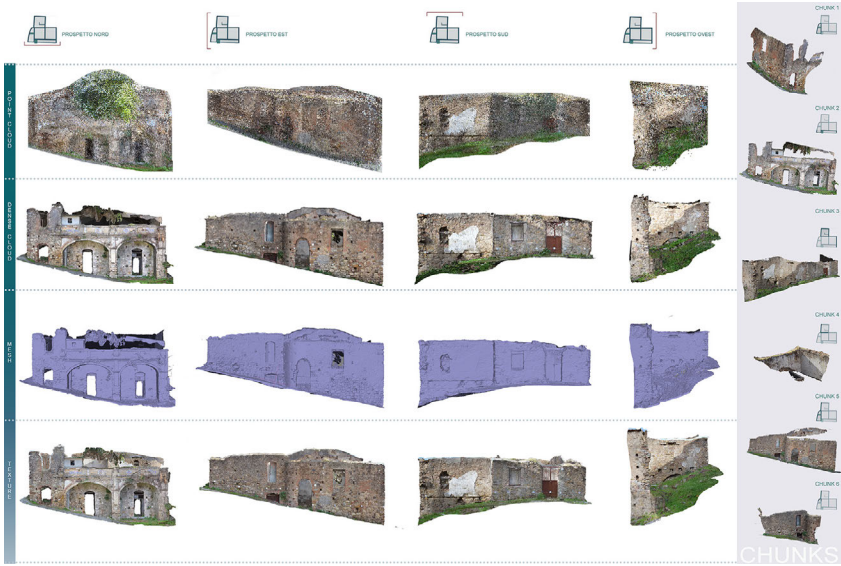
La capacità dell'intelligenza artificiale di elaborare una grande quantità di informazioni potrà sicuramente aiutare la lettura e l'interpretazione dei dati, spesso sovrabbondanti, ricavabili con le più avanzate tecniche di rilievo *image-based* e *range-base* e potrà affinare processi di automazione assistita nella costruzione di modelli semantici da nuvole di punti. Esistono già sistemi di applicazione del *deep learning* per l'ottimizzazione delle immagini fotografiche da utilizzare nei processi di fotomodellazione che consentono di aumentare la risoluzione delle nuvole di punti (Santoro, 2019). Sono disponibili, inoltre, software che permettono la classificazione automatica delle *point cloud* per una più agevole costruzione di modelli semantici e altri applicativi per l'integrazione di dati provenienti da rilievi *image-based* e *range-base*. Ulteriori applicazioni verranno nei prossimi anni. Non va dimenticato, però, che allo stato attuale l'AI non possiede capacità critico-interpretative: per un algoritmo i simboli sono privi di significato. Un software non interpreta il dato ma lo calcola, lo riduce a semplice alimento per i suoi processi logico-matematici, necessariamente viziati da un inevitabile deficit semantico. Ciò rende tali tecnologie potenzialmente insidiose, proprio perché incoscienti dei rischi e degli errori. Le possibili ricadute nel campo della comunicazione e dell'informazione, con la potenziale diffusione di contenuti manipolati più o meno consapevolmente, sono evidenti ma altrettanto critici possono essere gli effetti anche in ambiti tecnico-scientifici e operativi. Non sappiamo ancora se ciò muterà con le evoluzioni tecnologiche;

Fig. 27

Ferruzzano Superiore, ruderì. Workflow del processo di rilievo *Structure from Motion*.

Fig. 28

Ferruzzano Superiore, ruderì. Ortofoto del prospetto nord tratta da modello 3D e disegno materico.



MATERIALI	
	Stato di fatto in mattoni di colore scuro e calcino, di spessore di 10 cm. La calce ha un ingrossamento di circa 4/2 cm.
	Stato di fatto in mattoni di colore scuro e calcino, con spessore di 10 cm. La calce ha un ingrossamento di circa 4/2 cm. Insieme al gesso.
	Travertino calcinato, colore scuro e calcino (come gesso calcinato), sotto al gesso contenente fusione a grana media di 10 mesh e 4 mesh.
	Intonaco cementizio (come gesso), sotto al gesso contenente fusione e arena.
	Stucco in pasta.
	Colori originali tradizionali in stucco.
	Cemento in cemento.
	Stucco in cemento.
	Cemento in cemento, sotto al gesso calcinato, sotto al gesso calcinato, sotto al gesso calcinato.
	Stucco in gesso e calcino (come gesso calcinato).
	Intonaco in gesso e calcino (come gesso calcinato).
	Intonaco in gesso e calcino (come gesso calcinato).
	Intonaco in gesso e calcino (come gesso calcinato).
	Intonaco in gesso e calcino (come gesso calcinato).
	Intonaco in gesso e calcino (come gesso calcinato).

tuttavia, tale scenario richiede un'attenzione particolare da parte di chi produce contenuti e analisi sul patrimonio culturale. Oggi, più che mai, occorre uno sforzo critico che aggiunga 'coscienza' ai processi digitali, pur rimanendo aperti a scenari che, come quelli di Primo Levi del 1966, appena pochi mesi fa sembravano solo bizzarre ipotesi fantascientifiche.

Note

[1] La traduzione in latino aveva tre differenti titoli *De visu*, *De aspectibus* o *Perspectiva*.

[2] La denominazione *camera obscura* verrà circa tre secoli più tardi e si deve a Keplero (1604) che la utilizzò nel suo primo trattato sull'ottica.

[3] "Dico che, se la faccia d'uno edificio o altra piazza o campagna che sia illuminata dal sole, arà al suo opposto un'abitazione, e in quella faccia che non vede il sole sia fatto un piccolo spiraculo retondo, che tutte le alluminate cose manderanno la loro similitudine per detto spiraculo e appariranno dentro all'abitazione nella contraria faccia, la quale vol essere bianca, e saranno lì appunto e sottosopra" (Da Vinci, 1452-1519).

[4] Il prisma in oggetto fu inventato da Wollaston nel 1804 e successivamente venne utilizzato per il brevetto del 1806.

[5] La notizia fu pubblicata il 6 gennaio 1839 sul quotidiano *Gazette de France* e il 19 gennaio dello stesso anno su *Literary Gazette*. Nello stesso giorno François Arago ne diede comunicazione all'*Accademia delle Scienze*.

[6] "le mariage mécanique de la photogrammétrie et de la stéréoscopie" (Sain-Aubin, 1992).

[7] L'orientamento interno' di un fotogramma è dato dalle caratteristiche della fotocamera: posizione del centro di proiezione O; posizione del punto principale; distanza focale tra il centro di proiezione e il piano su cui viene proiettata l'immagine (pellicola o sensore). Tali caratteristiche vengono fornite dal produttore delle macchine fotografiche; tuttavia la continua evoluzione dei software sulla restituzione fotogrammetrica consente oggi di ottenere un affidabile orientamento interno anche in mancanza di certificati di calibrazione.

[8] L'orientamento esterno' determina la posizione spaziale dei fotogrammi nel momento dello scatto. Esso prevede: l'orientamento relativo' in cui tutti i fotogrammi vengono messi in relazione attraverso i loro punti omologhi; l'orientamento assoluto' in cui il blocco fotogrammetrico ottenuto viene traslato da un sistema di riferimento fittizio ad uno reale, utilizzando almeno tre punti d'appoggio.

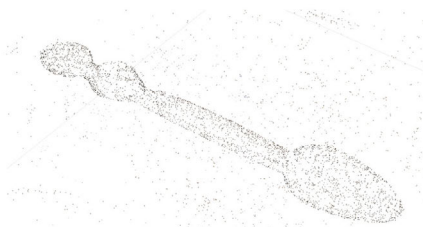
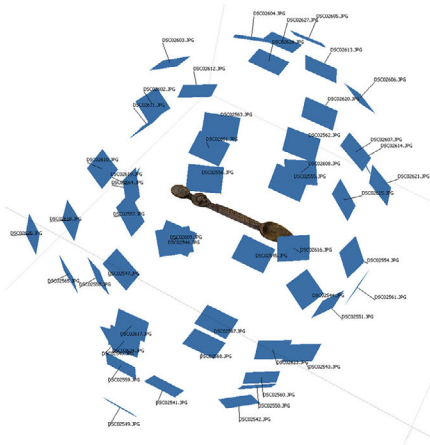
[9] "Gli scopi, i metodi e i piani di divulgazione della visualizzazione digitale dei beni culturali dovrebbero considerare con attenzione quanto può migliorare l'accesso ai beni stessi, che risultano altrimenti inaccessibili a chi ha problemi di

Fig. 29

Mistra, prima metà del XX secolo, cucchiaino intagliato di tradizione agropastorale. Collezione Privata Aldo Zucco. Workflow del processo di rilievo e modellazione con tecniche *Structure from Motion*.

Fig. 30

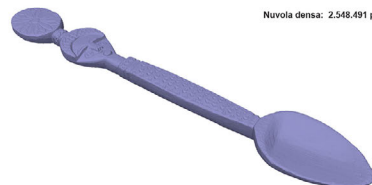
Mistra, prima metà del XX secolo, cucchiaino intagliato di tradizione agropastorale. Collezione Privata Aldo Zucco. A sinistra: workflow del processo di elaborazione su *Sketchfab*. A destra: modello in VR (*virtual reality*) e AR (*augmented reality*), visualizzazione monoculare (in basso) e stereoscopica (in alto) tramite dispositivo mobile.



Nuvola rada: 10.627 punti



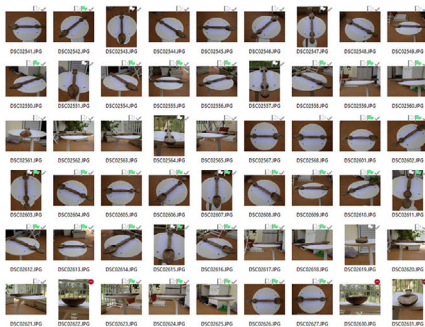
Nuvola densa: 2.548.491 punti



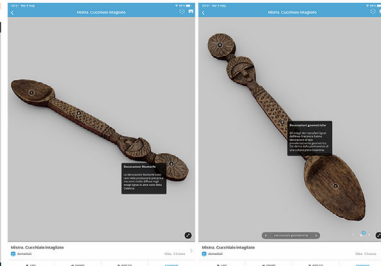
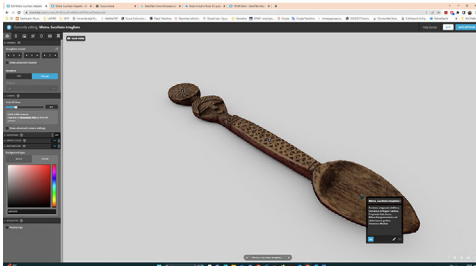
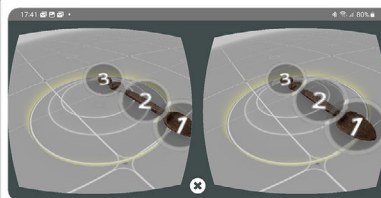
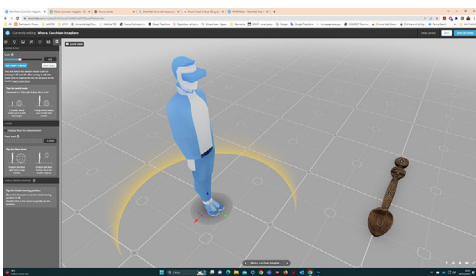
Mesh: 9.602 facce; 450.293 vertici



Mesh texturizzata: 4,096 x 4,096, 4 bande, uint8



Modello fotocamera: NIKON D7100
 Risoluzione: 8000 x 4000
 Lunghezza focale: 50 mm
 Dimensione pixel: 4 x 4 µm
 Numero di immagini: 64
 Foto alinate: 51
 Marcatori: 9
 Angoli di rotazione: Imbardata, Beccheggio, Rollio
 Altezza di volo: 1,31 m
 Risoluzione a terra: 0,0857 mm/pix
 Area coperta: 157 cm²
 Punti ripresi fisli: 54



salute o è disabile, o a chi ha impedimenti di carattere economico, politico o ambientale” (*Carta di Londra* 2008, Principio 6.1).

[10] Il racconto fa anche parte del film *Racconti fantastici di Primo Levi* (1971), regia di Massimo Scaglione.

Bibliografia

- Albertz, J. (2001). Albrecht Meydenbauer. Pioneer of Photogrammetric Documentation of the Cultural Heritage. In *Proceedings 18th International Symposium CIPA*, 18-21 September 2001, Potsdam (Germany), (pp. 19-25). <<https://www.semanticscholar.org/paper/ALBRECHT-MEYDENBAUER-PIONEER-OF-PHOTOGRAMMETRIC-OF-Albertz/65a85156676884a8d266108fc87b2a12018bb199>> (ultimo accesso 27 aprile 2023).
- Alhazen (1572). *Opticae Thesaurus Al-Hazeni Arabi Libri VII*, Basilea, I.
- Bezoari, G., & Selvini, A. (1999). *Gli Strumenti per la fotogrammetria*. Liguori Editore.
- Carta di Londra - Per la visualizzazione digitale dei beni culturali* (2008). Titolo originale: *The London Charter - For the Computer-Based Visualisation of Cultural Heritage*. <<http://www.londoncharter.org/introduction.html>> (ultimo accesso 29 aprile 2023).
- Castrianni, L. (2022). In volo sul Tevere da Stimigliano a Ponte del Grillo: “il ritratto del terreno” dal pallone (1908). *GEOmedia*, 26(4), 40-44. <https://www.mediageo.it/ojs/index.php/GEOmedia/article/view/1890> (ultimo accesso 5 maggio 2023).
- Da Vinci, L. (1452-1519). *Codex Atlanticus*. <<http://codex-atlanticus.ambrosiana.it/#/Overview>> (ultimo accesso 12 maggio 2023)
- De Luca, L. (2011). *La fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*. Flaccovio.
- De Rosa, A. (2000). *La Geometria nell'Immagine. Storia dei metodi di rappresentazione, vol. I, Dall'Antichità al Medio Evo*. Utet.
- Della Porta, G. B. (1558). *Magia Naturalis, sive de miraculis rerum naturalium, libri IV*. Ex officina Christophori Plantini.
- Docci, M., & Maestri, D. (2002). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Laterza.
- Euclide, (2007). *Tutte le opere* (F. Acerbi ed.). Bompiani. (testo originale 300 a.C., *editio princeps* Venezia 1482)
- Floridi, L. (2017). *La quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*. [Traduzione di Massimo Durante]. Raffaello Cortina Editore. (Ed. Orig. *The Fourth Revolution. How the Infosphere is Reshaping Human Reality*. Oxford University Press. 2014).

- Frisius, R. G. (1545). *De Radio Astronomico & Geometrico liber*. Pierre Phalèse.
<<https://www.sophiararebooks.com/pages/books/4956/reinerus-gemma-frisius/de-radio-astronomico-geometrico-liber-in-quo-multa-quaed-geographiam-opticam-geometriam>> (ultimo accesso 5 maggio 2023).
- Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence*. Bantam Books.
- Goleman, D. (Ed.). (2014). *Intelligenza sociale ed emotiva. Nell'educazione e nel lavoro*. Erickson.
- Hoppe, E. (1926), *Geschichte der Optik*. Weber.
- Keplero, G. (1604), *Ad Vitellionem paralipomena quibus astronomiae pars optica traditor*. Apud Claudium Marnium & haeredes Ioannis Aubrii.
- Konecny, G. (1985). The International Society for Photogrammetry and Remote Sensing - 75 Years Old, or 75 Years Young. Keynote Address. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51(7), 919-933.
- Levi, P. (1966). *Storie naturali*. Einaudi.
- Monti, C., & Selvini, A. (2018). *Dalla iconometria al trattamento delle immagini. Breve storia della fotogrammetria*. Maggioli.
- Röll, F. V. von (1921). *Enzyklopädie des Eisenbahnwesens*. Vol. 9. Urban & Scharenberg.
- Ronchi, V. (1954). Leonardo e l'ottica. In *Comitato nazionale per le onoranze a Leonardo nel Quinto centenario della nascita (Ed.)*, (pp. 159-185). Poligrafico dello Stato.
- Sain-Aubin, J. P. (1992), *Le relevé et la représentation de l'architecture*. Inventaire Général, E.L.P.
- Santoro, N. (2019), Descrizione di una Tecnica di Rilievo Fotogrammetrica supportata da un Algoritmo di Intelligenza Artificiale. In *Archeomatica. Tecnologie per I beni culturali*, 10(2), 28-29. <https://doi.org/10.48258/arc.v10i2.1647>
- The Seville Principles. International Principles of Virtual Archaeology* (2011). <<https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/06/Seville-Principles-IN-ES-FR.pdf>> (ultimo accesso 29 aprile 2023).
- Zahn, J. (1685). *Oculus Artificialis Teledioptricus Sive Telescopium*. Quirinus Heyl.

Fonti delle immagini

Fig. 1. Bibliothèque nationale de France, Parigi. Wikimedia commons <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Autoportrait_tournant_Nadar_c.1865.jpg> (ultimo accesso 12 maggio 2023).

Fig. 2. Biblioteca Apostolica Vaticana, Ms. Vat. Lat. 4595, 30v (De Rosa, 2000, p. 141).

- Fig. 3. Veneranda Biblioteca Ambrosiana, Milano, inv. CA f. 921r. <<http://codex-atlanticus.ambrosiana.it/#/Detail?detail=921>> (ultimo accesso 5 maggio 2023).
- Fig. 4. Veneranda Biblioteca Ambrosiana, Milano, inv. CA f. 5r. <<http://codex-atlanticus.ambrosiana.it/#/Detail?detail=5>> (ultimo accesso 5 maggio 2023).
- Fig. 5. Frisius, 1545.
- Fig. 6. Zahn, 1685. *The Public Domain Review* <<https://publicdomainreview.org/collection/images-from-johann-zahn-s-oculus-artificialis-1685>>
- Fig. 7. Museo Correr, Venezia, inv. C1 XXIX sn. 30. <<https://artsandculture.google.com/asset/camera-obscura-antonio-canal-known-as-canaletto/8QE7Br8a-4bLEg?hl=it>> (ultimo accesso 8 maggio 2023).
- Fig. 8. <<https://www.scienzainrete.it/articolo/canaletto-e-bellotto-pittori-ogometri/marco-capovilla/2017-01-23>> (ultimo accesso 5 maggio 2023).
- Fig. 9. British Library, Londra. <<https://www.tribune.com/arti-visive/artemoderna/2019/10/mostra-bernardo-bellotto-fondazione-ragghianti-lucca/>> (ultimo accesso 5 maggio 2023).
- Fig. 10. Scientific American Supplement, vol. 7, iss. 158, gennaio 1879, figg. 6, 7 <https://archive.org/details/sim_scientific-american-supplement_1879-01-11_7_158/mode/2up> (ultimo accesso 5 maggio 2023).
- Fig. 11. Gernsheim Collection, Harry Ransom Humanities Research Center, University of Texas. <<https://www.pinterest.it/pin/400609329323063090/>> (ultimo accesso 12 maggio 2023).
- Fig. 12. Stadtmuseum, Monaco di Baviera. Wikipedia <https://it.wikipedia.org/wiki/File:Boulevard_du_Temple_by_Daguerre.jpg> (ultimo accesso 5 maggio 2023).
- Fig. 13. Musée Carnavalet, Parigi. <<https://ilfotografo.it/latesthighlights/le-foto-piu-famose-della-storia-nadar/>> (ultimo accesso 5 maggio 2023).
- Fig. 14. <<https://www.thestreetrover.it/nadar-il-primofotografo-volante/>> (ultimo accesso 5 maggio 2023).
- Fig. 15. Gilman Collection. <<https://www.metmuseum.org/art/collection/search/283189>> (ultimo accesso 5 maggio 2023).
- Fig. 16. Monti & Selvini, 2018, fig. 78, p. 85.
- Fig. 17. Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione, Neg. 30381 (Cagrianni, 2022, p. 40).
- Fig. 18. Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione, Neg. 35860 (Cagrianni, 2022, p. 41).
- Fig. 19. Swiss National Library. Foto di Simon Schmid da Wikimedia commons <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meydenbauerkamera.jpg>> (ultimo accesso 8 maggio 2023).
- Fig. 20. <<http://www.theulegium.de/index.php?id=meydenbauer>> (ultimo accesso 11 maggio 2023).

- Fig. 21. Wikipedia <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Meydenbauer_Franzoesischer_Dom.jpg> (ultimo accesso 11 maggio 2023).
- Fig. 22. Röhl, 1921, pp. 183, 184.
- Fig. 23. Docci & Maestri 2002, p. 118.
- Fig. 24. Elaborazione grafica a cura di un gruppo di rilievo coordinato dall'autore: Chiara Cambria, Angelo Colo e Giuliana Randazzo.
- Fig. 25. Elaborazione grafica a cura di un gruppo di rilievo coordinato dall'autore: Chiara Cambria, Angelo Colo e Giuliana Randazzo.
- Fig. 26. Elaborazione grafica a cura di un gruppo di rilievo coordinato dall'autore: Francesca Calabrò, Pamela Curcio, Mariateresa Florio e Chiara Valenti.
- Fig. 27. Elaborazione grafica a cura di un gruppo di rilievo coordinato dall'autore: Sonia Lucà, Roberto Pellicanò, Francesca Politanò.
- Fig. 28. Elaborazione grafica a cura di un gruppo di rilievo coordinato dall'autore: Sonia Lucà, Roberto Pellicanò, Francesca Politanò.
- Fig. 29. Collezione Privata Aldo Zucco (elaborazione grafica dell'autore).
- Fig. 30. Collezione Privata Aldo Zucco (elaborazione grafica dell'autore).

