

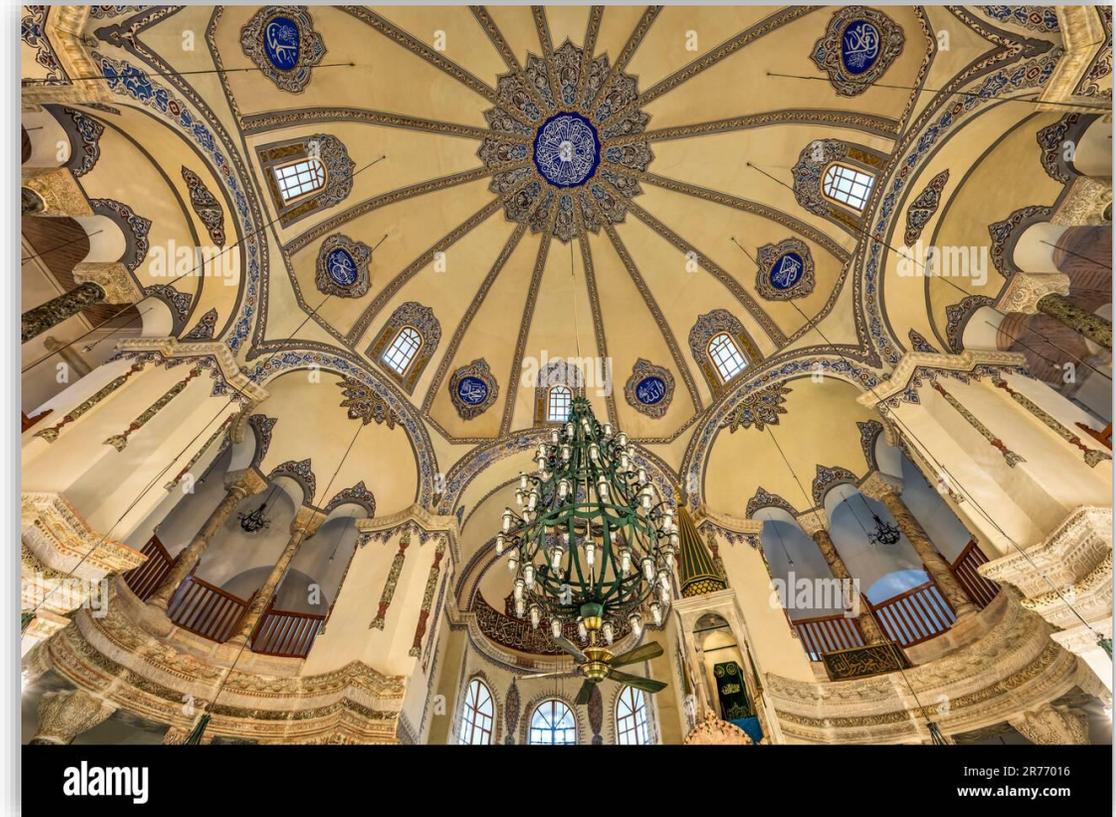
# Stereofotogrammetria

- Accademia di Belle Arti Aquila
  - Davide Giammarino
- Docente: Giancarlo Buzzanca
- Anno Accademico: 2024-2025

# 1. Introduzione

La fotogrammetria è una tecnica di rilevamento in oggetto 2D o 3D può essere misurato da fotografie scattate da posizioni diverse. Queste stereografie, solitamente scattate in coppia, forniscono due diverse viste dello stesso oggetto che imitano la prospettiva della visione binoculare umana. Le misurazioni vengono prese dalle stereografie e le informazioni 3D vengono ricostruite utilizzando un software per computer. Queste misurazioni vengono verificate rispetto ai punti bersaglio posizionati sull'oggetto. La fotogrammetria è stata scelta perché era l'unico strumento in grado di aiutare il team di rilevamento a visualizzare la complessa geometria della cupola in questione, a comprendere la distribuzione del carico sui sistemi di supporto e a individuare le irregolarità strutturali causate da deviazioni verticali e rotazioni. Le misurazioni potrebbero essere ottenute direttamente dalla registrazione fotografica, senza costruire impalcature. Inoltre, la moschea era stata rilevata fotogrammetricamente in precedenza, nel 1979.

Con i nuovi dati, è stato possibile confrontare, monitorare e analizzare i cambiamenti nella deformazione e nella propagazione delle crepe. Altri possibili strumenti per questo rilievo erano il rilievo manuale e gli scanner laser. Le misurazioni effettuate a mano avrebbero richiesto molto tempo e sarebbero state imprecise nel registrare con precisione la geometria della cupola. La scansione laser non era disponibile al momento in cui è stato eseguito il rilievo e sarebbe stata troppo costosa oggi per il budget del progetto. La fotogrammetria era la tecnologia più avanzata disponibile al momento in cui è stato effettuato il rilievo per soddisfare gli obiettivi del progetto. Nonostante i vincoli di budget, attrezzature ed esperti erano disponibili localmente.



## 2. Documentazione

La documentazione di Küçük Ayasofya è stata realizzata in tre fasi, da tre o quattro esperti, un tecnico e due studenti qualificati. Per prima cosa, nel 1994, è stata documentata accuratamente la geometria della cupola. Sono stati posizionati dei bersagli sui pilastri e sulle pareti della galleria. Nel corso di due giorni, sono state scattate quaranta stereografie della cupola utilizzando una fotocamera metrica universale grandangolare. Questo modello è stato scelto per l'altezza della cupola. Inoltre, sono stati misurati i punti di controllo con uno strumento che calcola gli angoli verticali e orizzontali. Le fotografie sono state prodotte da lastre di vetro ed elaborate in laboratorio. È stata quindi generata una mappa di contorno utilizzando uno stereoplotter.

Uno stereoplotter proietta otticamente un'immagine 3D delle coppie di stereografie. Da questa immagine, vengono tracciate le linee di contorno, fornendo così un modello topografico accurato da cui estrarre le misurazioni. Il modello è stato creato in due settimane e digitalizzato manualmente in dieci giorni. Nel 1995 è iniziata la seconda fase. Le deformazioni nella struttura sono state documentate stabilendo una rete di deformazione composta da due sottoreti. All'interno dell'edificio, sono stati impostati più di quattrocento punti di controllo nelle potenziali zone di deformazione. La seconda sottorete è stata stabilita all'esterno dell'edificio utilizzando i punti di riferimento del Global Positioning System (GPS) iscritti nel World Geodetic System 1984. Il movimento dei siti monitorati è relativo ai siti di riferimento. Il lavoro sul campo è stato eseguito in cinque giorni ed elaborato in dieci giorni. La deformazione della cupola e degli elementi strutturali, come pilastri e colonne, è stata calcolata in base ai dati raccolti.



### 3. Conclusione

Infine, nel 1998, è stata completata la terza fase, che consisteva nel monitoraggio dello stato dell'interno e dell'esterno dell'edificio con la fotogrammetria digitale. È stata utilizzata una macchina fotografica digitale metrica che corregge la distorsione della pellicola, in combinazione con diversi tipi di obiettivi grandangolari per coprire un ampio angolo del sito. E' stato utilizzato anche un teleobiettivo che appiattisce l'immagine, specificamente per esaminare le crepe. Sono state scattate più di mille stereografie in cinque giorni. Le fotografie sono state elaborate e tracciate utilizzando un software che ha restituito automaticamente le stereografie in un modello 3D estraendo direttamente le coordinate 3D in base ai punti di controllo. I dati delle nuvole di punti sono stati quindi trasferiti in un disegno lineare che poteva essere elaborato da qualsiasi software CAD. Le stereofotografie sono state inoltre confrontate con le immagini scattate durante il rilievo del 1979. L'indagine del 1995 ha rivelato un'ampia fuori piombo verticale dei pilastri in direzione sud-est, nonché un'inclinazione orizzontale della base della cupola. Il carico della cupola potrebbe spiegare tale deviazione.

Tuttavia, in base al modello generato nel 1994, la geometria insolita della cupola era piuttosto evidente, con le sue superfici cilindriche ed ellittiche e paraboliche alternate. Sulla base di questo progetto, era chiaro che le volte a crociera alleviavano il carico della cupola a quasi la metà di quello di una cupola emisferica. Pertanto, la cupola non era responsabile delle deformazioni nell'edificio. Dall'indagine del 1995, è stato determinato che la struttura era influenzata dall'assestamento della rotazione delle fondamenta e degli elementi di supporto. Ciò è stato osservato anche nella differenza di inclinazione della cupola tra le direzioni nord-sud ed est-ovest. La propagazione delle crepe è stata valutata confrontando le indagini del 1979 e del 1998. La crepa principale sulla volta a nord-est della cupola non era cambiata, mentre la crepa sul lato sud-est si era estesa. Il rilievo della moschea Küçük Ayasofya è stato uno sforzo collaborativo pionieristico per preservare il patrimonio culturale turco. L'esperienza e la tecnologia disponibili per le diverse componenti del rilievo hanno fornito risultati eccellenti.

