



Università degli Studi di Palermo  
Dipartimento di Rappresentazione

Dottorato di Ricerca in  
Scienze del Rilievo e della Rappresentazione – XXII ciclo  
Settore Scientifico ICAR/06

**Sistemi informativi per l'architettura.**

**Applicazioni sul modello delle "Carceri dell'Inquisizione" a Palermo**

Coordinatore  
Prof. Ing. Benedetto Villa

Tutor  
Prof. Ing. Benedetto Villa

Co-tutor  
Prof. Ing. Andrea Scianna

Dottorando  
Arch. Giuseppe Anzalone

## **INDICE**

Premessa	p. 3
1 – Cenni storici sulle “Carceri dell’Inquisizione” a Palermo	p. 5
2 – Introduzione al rilevamento	p. 13
2.1 – Il rilievo topografico	p. 16
2.2 – Il rilievo fotogrammetrico	p. 21
2.3 – Il modello 3d fotorealistico	p. 24
3 – Integrazione del modello tridimensionale in una piattaforma multimediale	p. 27
3.1 – Il formato 3D	p. 29
4 – I sistemi informativi	p. 32
4.1 – L’architettura del sistema informativo spaziale	p. 35
4.3 – Il posizionamento indoor	p. 37
5 – Le reti di sensori wireless (WSN)	p. 39
5.1 – Topologia delle WSN	p. 52
5.3 – Architettura delle WSN	p. 54
6 – Implementazione di un database per l’architettura	p. 55
6.1 – ADBC (Acrobat DataBase Connectivity)	p. 57
6.2 – Interrogazione del database dalla piattaforma PDF3D	p. 68
7 – Sviluppi futuri	p. 70
8 – Bibliografia	p. 71

## **Sistemi informativi per l'architettura.**

### **Applicazioni sul modello delle "Carceri dell'Inquisizione" a Palermo**

#### **Premessa**

Il lavoro di ricerca della seguente tesi si inserisce in un'ottica di fruizione e valorizzazione del patrimonio architettonico e si propone di individuare, attraverso un "progetto pilota", un percorso applicabile non solamente al caso studio presentato ma che un *modus operandi* per qualsiasi bene culturale. La divulgazione del patrimonio culturale, pensata nella forma di modelli digitali con annotazioni incluse (metadati) e ulteriori informazioni sul web, resta ancora una sfida importante. Partendo da questo presupposto verranno analizzati gli aspetti che connotano il processo di conoscenza, rappresentazione e fruizione, per consentire a tutti, anche ai diversamente abili, di travalicare i limiti fisici di un bene culturale.

La fase di conoscenza nel progetto di fruizione e valorizzazione del patrimonio architettonico è caratterizzata da tutte quelle operazioni finalizzate ad un'indagine multidisciplinare del bene in oggetto. Tale fase prevede un'analisi approfondita del bene in esame e si pone come obiettivo la sua conoscenza complessiva sotto diversi punti di vista: storico, fisico, geometrico etc. In questa sede si è deciso di concentrare l'attenzione su alcuni degli aspetti del progetto di conoscenza a partire da un caso applicativo. Nella scelta dell'oggetto si è tenuto conto di alcuni elementi, primo fra tutti, il carattere di bene culturale. Si è ritenuto interessante, inoltre, soffermarsi sulla documentazione di un edificio che presentasse una stratificazione di fasi costruttive e che fosse ricco di informazioni. Infine, era necessario avere accessibilità ad una certa mole di dati sulla base della quale costruire il progetto.

Date le premesse, si è considerato adatto agli scopi il Tribunale del Sant'Uffizio presso il complesso dello Steri a Palermo. In questa sede ci si è posti come obiettivo la creazione di uno strumento che consentisse di gestire dati di natura diversa, soffermandosi principalmente su quelli di natura spaziale. Tra le sperimentazioni affrontate si è cercato di stabilire quali strumenti operativi risultassero migliori per la gestione di tali dati, con l'obiettivo ultimo di non proporre un sistema di gestione fine a se stesso, ma che garantisse la possibilità di considerare il monumento nella sua completezza, considerando aspetti differenti e diversi tipi di dati. Per raggiungere tali obiettivi sono state effettuate dapprima le opportune indagini storiche alle quali hanno fatto seguito le operazioni di rilievo metrico e fotogrammetrico del manufatto, finalizzate alla rappresentazione tridimensionale fotorealistica; per quanto attiene alle prese fotografiche queste sono state realizzate dal Centro Regionale del Catalogo di Palermo con cui è in atto una convenzione. Il modello così realizzato è stato inserito in una "piattaforma multimediale" gestita in *Adobe Acrobat*, nella quale è stato possibile costituire un sistema informativo spaziale, e ciò grazie anche alla gestione di database relazionali con linguaggio *JavaScript* (fig. 1).

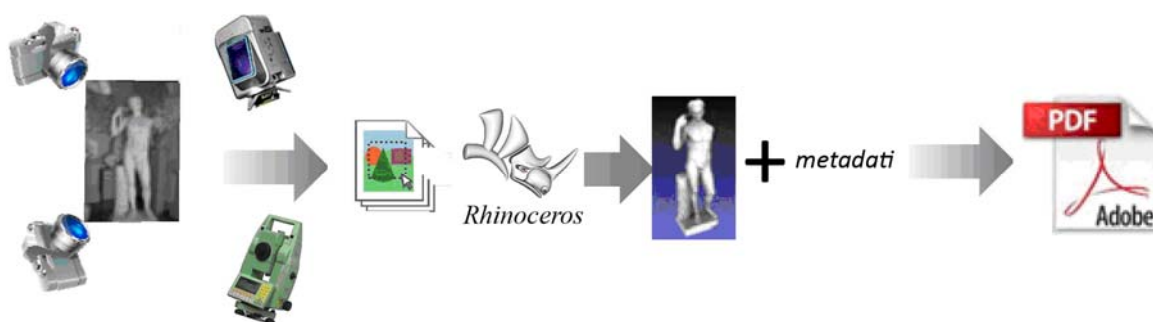


Fig. 1 – Schema cronologico dell'elaborazione dei dati

Oltre alle informazioni "tradizionali" che hanno arricchito il database del sistema informativo è apparso interessante studiare la possibilità di integrare informazioni

di tipo posizionale, relative ad un'unità mobile che possa muoversi all'interno e/o all'esterno del manufatto (*indoor-outdoor dynamic tracking*). Di quest'ultima applicazione sono stati condotti studi relativi alle reti wireless (WSN) che consentono il rilievo posizionale di sensori mobili; le tipologie di sensori sono diverse in relazione alle applicazioni. Nello studio seguente è stata progettata una rete WSN con sensori *zigbee* operanti a 2,4 GHz e comunicanti con un server. Tale rete può fornire la posizione di sensori mobili con un'approssimazione di circa 1,5 m.

Questo approccio lascia aperte possibilità di sviluppo future in altri ambiti, permettendo agli esperti dei diversi settori di svolgere approfondimenti multidisciplinari ed al contempo agli utenti finali una fruizione più completa e ricca di informazioni.

## **1 – Cenni storici sulle “Carceri dell’Inquisizione” a Palermo**

L'applicazione di un sistema informativo per l'architettura sul modello digitale di un edificio, come quello delle “Carceri dell’Inquisizione” a Palermo è apparsa significativa sia per gli aspetti storico-antropologici che per la ricchezza di informazioni stratificate. Infatti, “nel 1906 un consigliere comunale di Palermo, l'avvocato Giuseppe Cappellani, avvertiva Pitrè che durante i lavori che si stavano eseguendo, per adattare certi locali di palazzo Chiaramonte ad archivio del tribunale penale, *“scrostandosi spontaneamente della calce, veniva fuori non so che figura”*. *“Non indugiare un istante a recarmici, impaziente di trovarvi qualcosa utile alla conoscenza del luogo”* dice Pitrè. E trovò infatti, in quattro strati di antiche e ripetute imbiancature, quelli che con felice espressione chiamò *“palinsesti del carcere”*: disegni e scritte che in circa due secoli i prigionieri dell’Inquisizione avevano lasciato su quelle pareti”.<sup>1</sup>

Da un punto di vista architettonico, dalla loro realizzazione ad oggi le carceri, subirono diversi interventi che ne cambiarono la configurazione iniziale.

Trasportata la Regia Magna Curia nel 1598 al Regio Palazzo (ex regia normanna), subentrò nell'uso dei locali da questa occupati il Tribunale della Santa Inquisizione che ne prese materiale possesso con atto di consegna stipulato il 23 luglio 1601 e vi rimase fino al 1782. Il 27 marzo dello stesso anno, il viceré marchese Domenico Caracciolo, diede solenne esecuzione del decreto regio di abolizione del Sant'Uffizio, e il 27 giugno del seguente anno 1783 fece bruciare le suppellettili e l'archivio segreto dello stesso Tribunale. Da tale data e fino al 30 settembre 1799, vi furono trasferiti, prima il Rifugio dei poveri di S. Dionisio e successivamente la R. Impresa del lotto, per cui lo Steri assunse anche il nome di Palazzo dell'Impresa. Dal 13 febbraio 1800 al 1958 ospitò nei piani elevati gli Uffici Giudiziari, mentre il piano terreno, con gli ammezzati che vi erano stati ricavati, continuarono ad essere

---

<sup>1</sup> G. Pitre. L. Sciascia, *Urla senza suono. Graffiti e disegni dei prigionieri dell'Inquisizione*. Sellerio Editore, Palermo, 1999, pp. 11-12

occupati dalla Dogana fino a pochi anni fa. Particolare importanza assume, per la storia dello Steri, il verbale di consegna dello stesso al Tribunale dell'Inquisizione del 23 luglio 1601, già citato, e ciò per quelle notizie che si riferiscono agli uffici pubblici che vi avevano avuto, o vi avevano ancora stanza, e a quelli sistemati nell'attiguo palazzetto prospettante sulla piazza Marina e che era stato confiscato nel 1523 a Federico Abatelli, conte di Cammarata, reo di fellonia. Nel primo si trovavano gli archivi che un tempo erano della Magna Regia Curia, situati in ammezzati ricavati nella sala terrana e nei quali abitava il maestro notaro della detta Curia, individuabile, forse, nelle stanze ammezzate dell'angolo nord-est e nelle cui mura sono state rinvenute tracce di una «Annunciazione» cinquecentesca; vi erano le stanze che avevano l'ingresso sotto l'arco della «scala lapidea discoperta», nelle quali stava una volta il sollecitatore fiscale con l'ufficio dei procuratori criminale del Regio Tesoro; in altre stanze aveva l'abitazione e l'ufficio il regio Segretario, che avevano porte, finestre, scala e stalla dalla parte del piano della Marina ed ingresso prossimo all'entrata negli uffici della Dogana. Dalla consegna venivano esclusi gli ambienti occupati dalla dogana, compreso il cortile, i magazzini sia terrani che solerati, e la cap-pella di S. Antonio. Nell'ex palazzetto Abatelli era sistemato il Tribunale del Regio Patrimonio, con uffici, archivi e abitazioni dei razionali e coadiutori; vi abitava anche il maestro notaro Cannizzaro con la sua famiglia, il quale vi teneva il suo ufficio. Nello stesso edificio, forse ampliato con altre fabbriche, si trovavano gli uffici e gli archivi dei regi conservatori, della cancelleria e del Protonotaro. Nella ratifica dell'atto di consegna da parte degli Inquisitori, avvenuta l'11 agosto dello stesso anno, si designa l'ambiente da destinare a camera della tortura. Nei quasi due secoli che ebbe in uso lo Steri, il Tribunale del sant'Uffizio provide a ricavarvi, tra l'altro le prigioni per i rei di eresia e di fellonia. In corrispondenza dell'angolo nord-est della grande sala terrana, e nell'interno di essa, sopra gli ambienti un tempo occupati

dal sollecitatore fiscale, vennero sistemate le prigioni così dette «segrete», o del Segreto destinate ai primi; mentre per i secondi vennero ricavate, in alto accanto all'orologio del Vochi - del 1572 e oggi distrutto, le così dette « carceri filippine », da Filippo III che ne dispose il particolare rigore. Di altre carceri ebbe bisogno il tribunale, e vi provvide costruendo, anteriormente al 1632 e ad occidente dello Steri, un edificio detto le *Carceri della Penitenza*. Infatti, nel 1603, “gli inquisitori del Sant’Uffizio, che già risiedevano presso l’*Hosterium Magnum* di Palermo, diedero incarico all’ingegnere del Regno Diego Sanchez e a Mariano Smeriglio, ingegnere della città, i quali avevano già elaborato il progetto per l’edificazione delle nuove prigioni inquisitoriali in un’area del complesso monumentale sgombra di costruzioni: erano i disegni relativi al cupo palazzo che sarebbe stato innalzato in un paio d’anni, [...] per accogliere le carceri dei penitenti e, oggi, i superstiti graffiti e disegni dei prigionieri per motivi di fede”.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> G. Quatriglio in *Tornano alla luce i luoghi di "Morte dell'inquisitore"*, in Kalos, Gruppo editoriale Kalos Palermo, 2003, anno 15, n. 4, p. 20



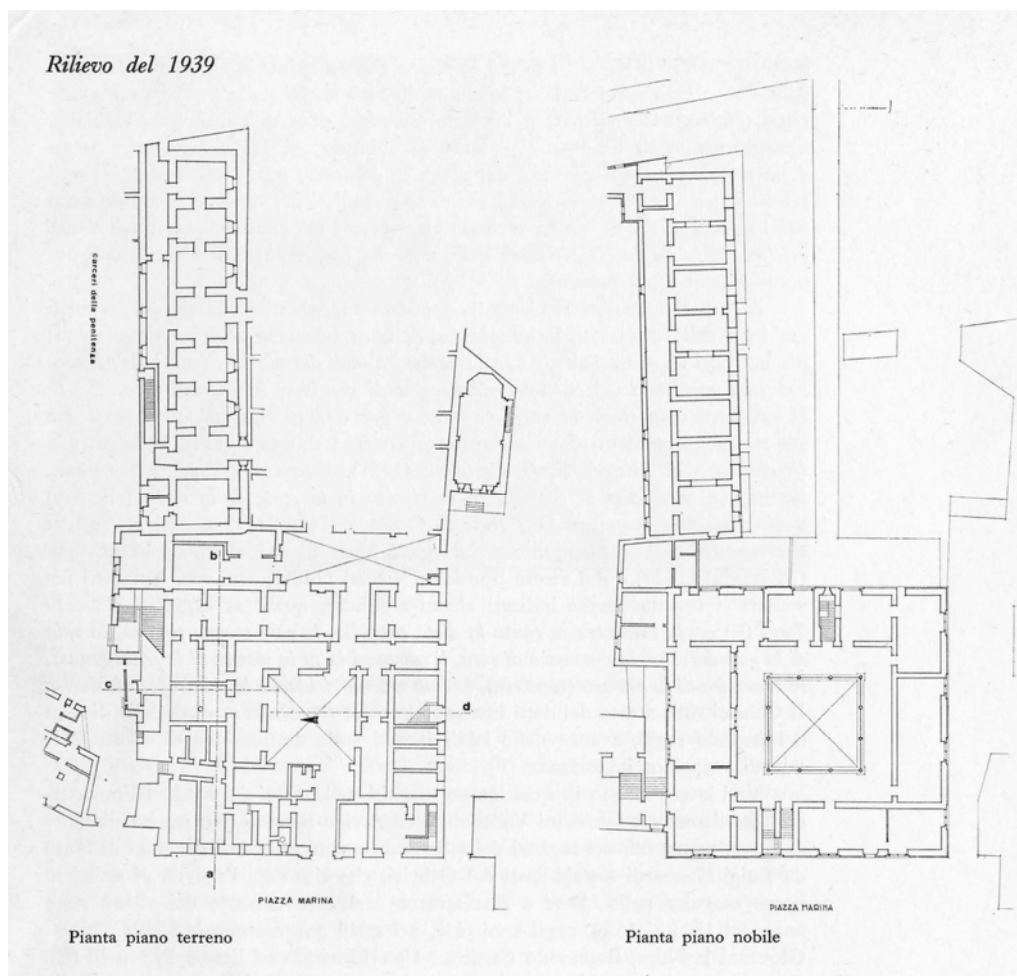


Fig. 2 – Rilievo G. Spatrisano, 1939 - Pianta



*Fig. 3 – Prospetto orientale*

Anteriormente alla decisione di destinare il carnalivariano palazzo Abatellis di via Alloro a pinacoteca di Sicilia, la Soprintendenza alle Gallerie aveva preso in considerazione la possibilità di utilizzare a tale scopo lo Steri dopo il previsto trasferimento dell'Amministrazione giudiziaria nel nuovo Palazzo di Giustizia. Pertanto sono presumibilmente da mettere in relazione con tale progetto i rilievi di Giuseppe Spatrisano datati al medesimo anno. Confermano l'ipotesi alcuni elaborati di progetto mirati alla sistemazione a pinacoteca dell'edificio già precedentemente restaurato sia pure parzialmente da Patricolo e Valenti, e la Relazione al progetto di restauro e di adattamento a galleria d'arte del palazzo Chiaramonte, a firma dell'architetto palermitano, del 28 luglio del 1942. Tra le problematiche in essa individuate particolarmente significanti quelle relative al restauro della sala terrana che ospitava al suo interno le "segrete" del Sant' Uffizio, e quelle derivanti dall'isolamento esterno attraverso l'abbattimento dei corpi di fabbrica addossati senza però eliminare del tutto la possibilità di un collegamento

diretto con uno dei palazzi attigui. È attraverso un'ala ponte che quest'ultimo viene risolto. Si univa così ad est la nuova pinacoteca ad uno degli edifici limitrofi, quello un tempo destinato ad ospitare il *Carcere della Penitenza*.

Data alla fine del 1958 l'intervento finanziario di 300 milioni di lire che l'Assessorato Regionale al Turismo Spettacolo e Sport stanziava per l'esecuzione di «lavori di sistemazione e restauro del palazzo Chiaramonte da adibire a palazzo per esposizioni e congressi». Ma il collegio di esperti guidato dal soprintendente Giuseppe Giaccone, per il protrarsi dei necessari studi preliminari dovuti alla difficoltà di ottenere dalle stesse istituzioni interessate il nulla osta per l'accesso, può raggiungere risultati concreti solo nel 1964 quando si destina parte del piano nobile dello Steri a sede di rappresentanza del Rettorato palermitano. [...] In seguito ai criteri di restauro suggeriti dalla Commissione Rettorale e da quella Ministeriale i lavori su questa facciata si limitano alla soppressione della copertura, al recupero dello scalone cinquecentesco e alla demolizione dei fabbricati aggiunti nell'angolo nord-est. Oggi, infatti, l'edificio appare isolato dal Palazzo Steri e si leggono le tracce dei muri interrotti sul fronte occidentale.

Recentemente, nell'ambito dei lavori di restauro delle carceri, commissionati dall'ex rettore Giuseppe Silvestri, sono venuti alla luce, a seguito delle indagini archeologiche eseguite dalla Soprintendenza ai Beni Culturali e Ambientali di Palermo, i resti di un'aula semipogea, di notevole valenza architettonica, al di sotto delle carceri seicentesche. "[...] L'edificio, riportato alla luce solo parzialmente, presenta un notevole sviluppo verticale ed è caratterizzato da una imponente copertura distinta in tre campate con volte a crociera marcate da massicce costolonature che si dipartono dai "peducci" finemente lavorati [...]".<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> F. Spatafora, E. Canzonieri in *Lo Steri. La ricerca archeologica*, in Kalos, Gruppo editoriale Kalos Palermo, 2005, anno 17, n. 4, pp. 11-12

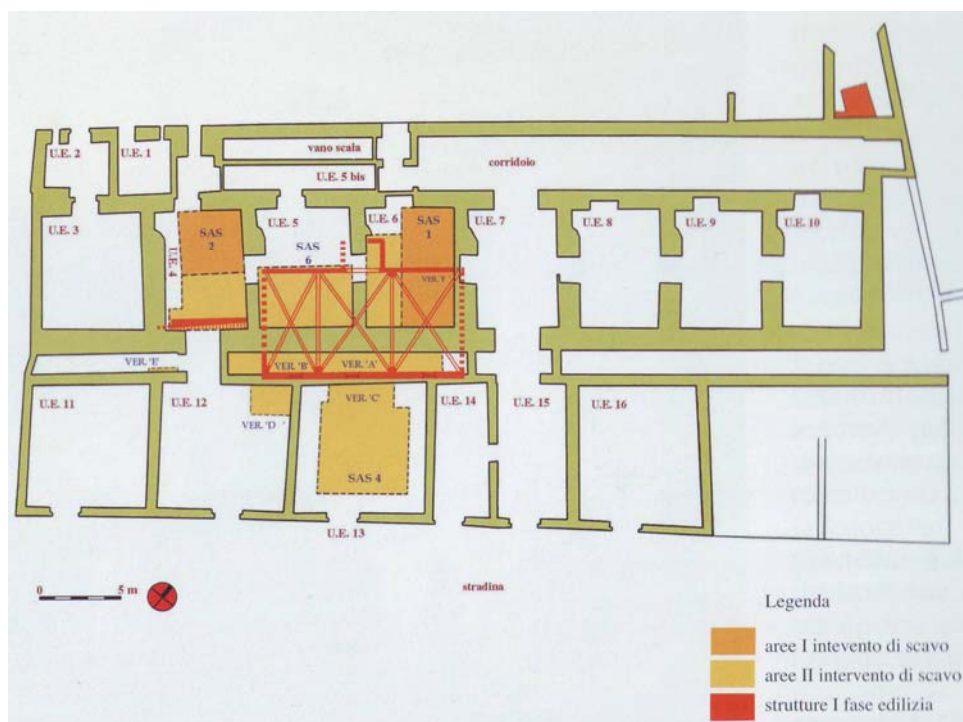


Fig. 4 – Aree di scavo ed impianto semipogeoico sotto le carceri

Appare evidente, dunque, la ricchezza e la complessa stratificazione di informazioni che un'architettura, come quella appena descritta, porta con se. Un "tradizionale" metodo di rappresentazione soffrirebbe le difficoltà di poter "raccontare" una così complessa vicenda. Da qui, la necessità di trovare un metodo, non univoco, per poter rappresentare tutti quei beni culturali che necessitano di un strumento flessibile che integri contemporaneamente molteplici informazioni.

## **2 – Introduzione al rilevamento**

Il rilevamento di un oggetto è una operazione rivolta alla conoscenza totale dell'organismo e come tale non può dunque limitarsi esclusivamente alle operazioni di misurazione. La conoscenza di un bene, dunque, sia esso ambientale, architettonico o archeologico, deve concretizzarsi attraverso l'acquisizione delle sue caratteristiche morfologiche, materiche, metriche e geometriche e la successiva trascrizione di queste informazioni per poterne catalogare, documentare e divulgare le sue peculiarità. "Il rilevamento architettonico pertanto, è certo opera di misurazione, di chiarificazione geometrica, di conoscenza storica, ma è soprattutto un'operazione di lettura, di discretizzazione dell'organismo architettonico e di trascrizione grafica della realtà formale dello stesso"<sup>4</sup>.

La ricerca concretizzata in questa tesi, mira a far confluire all'interno di un unico "ambiente", tutte quelle informazioni provenienti dal rilevamento ed a gestirle in maniera organica.

La struttura in origine venne realizzata addossando il fianco nord-occidentale al palazzo e creandone continuità attraverso alcune aperture in breccia; questa stecca, inizialmente a due elevazioni, venne innalzata sulle preesistenze di un vano semi-ipogeico probabilmente coevo al Palazzo Steri. Subì negli anni alcuni rimaneggiamenti, soprattutto dopo lo scioglimento del Tribunale del Sant'Uffizio, quando, grazie ai restauri degli anni '70 si rese nuovamente il corpo del Palazzo Steri indipendente, interrompendone la struttura.

Oggi, dopo anni di incuria e superfetazioni, le carceri dei penitenziati tornano alla luce, grazie anche al sapiente lavoro di Giuseppe Pitrè, insieme ai loro graffiti che ne testimoniano le atrocità di un tempo.

---

<sup>4</sup> M. Docci, D. Maestri, *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*, Laterza, 1994

Dal punto di vista architettonico, l'edificio non presenta particolari di pregio: risulta abbastanza semplice nella sua struttura, pur con alcuni disallineamenti tra le due elevazioni. Risultano però di fondamentale importanza, per una completa rappresentazione del manufatto, i graffiti che rivestono la quasi totalità delle pareti delle celle.

Oggi, le tecniche moderne di rilievo di manufatti architettonici e la loro integrazione, consentono di ottenere rappresentazioni sotto forma di modelli digitali tridimensionali foto realistici accurati. Tali tecniche vanno dal rilievo topografico con stazioni totali al rilievo laser scanning a quello fotogrammetrico digitale.

La tecnica di rilievo con laser a scansione si basa sul principio del tempo di volo (*tecnica T.O.F. time of flight*) e consente di rilevare la forma del manufatto discretizzandola per punti: quanto maggiore è la risoluzione d'acquisizione tanto più densa sarà la nuvola di punti e quindi il dettaglio della rappresentazione.

Ciascun punto è definito da una posizione spaziale in coordinate  $x, y, z$ , rispetto al punto di origine coincidente con la posizione dello scanner e dalle sue coordinate radiometriche *RGB* ricavate dalla fotocamera a bordo dello scanner laser.

Data la morfologia non particolarmente complessa del manufatto architettonico in esame, l'uso di strumentazione come il laser a scansione avrebbe fornito un numero eccessivo di informazioni metriche ridondanti; pertanto si è preferito adottare tecniche di rilievo topografiche "classiche" e fotogrammetriche digitali integrate.

Per il rilievo geometrico della struttura, un approccio topografico "classico" ha consentito di rilevare, a partire da una idonea rete di inquadramento, tutti quei punti di dettaglio utili alla restituzione delle geometrie dell'involucro. Per quanto attiene invece l'aspetto cromatico, vista la ricchezza di graffiti delle pareti delle celle, si è ritenuto necessario eseguire dei fotopiani in modo da restituire poi un modello geometrico texturizzato.

Le applicazioni di queste tecniche mirano sostanzialmente ad una rappresentazione tridimensionale accurata degli oggetti, alla realizzazione di modelli digitali texturizzati da poter conservare in banche dati, alla creazione di musei virtuali, al restauro digitale e alla ricostruzione di modelli reali mediante stampa 3d (3D fast prototyping).

## **2.1 – Il rilievo topografico**

Il rilievo topografico delle "Carceri dell'Inquisizione" è stato realizzato a partire da una articolata rete di inquadramento, progettata in modo tale che comprendesse buona parte del complesso dello Steri nell'ipotesi di integrare, in fasi successive, il rilievo degli altri edifici che lo compongono.

La rete di inquadramento, costituita da due maglie principali e da alcuni rami di poligonale aperta, è stata progettata in modo tale da ridurre quanto più possibile il numero dei vertici che la compongono e al contempo, considerando la possibilità di traguardare da questi un buon numero di punti "strategici" per rappresentare, discretizzate, le caratteristiche geometriche e morfologiche della fabbrica.

I vertici della rete sono stati materializzati negli spazi esterni con appositi chiodi topografici e negli spazi interni con target adesivi; di tutti i vertici sono state eseguite apposite monografie per poterli individuare in caso di smarrimento.

Lo schema seguente mostra la distribuzione dei vertici della prima maglia della rete di inquadramento:

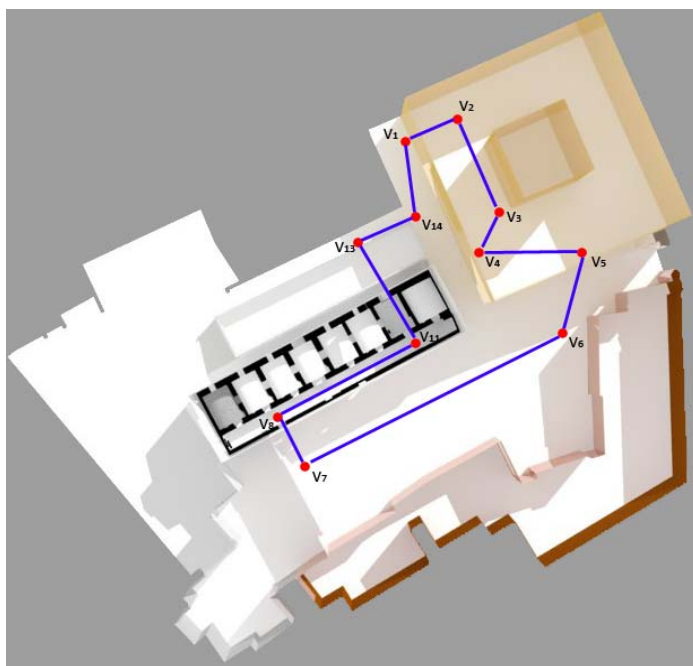


Fig. 5 – Schema planimetrico del primo anello della rete



Come si evince dallo schema, la rete, costituita da 11 vertici, attraversa il palazzo Steri, esce sul piazzale e rientra, attraversando le “Carceri dei Penitenziati” alla quota del piano terra.

Le operazioni di rilievo topografico sono state condotte con l’ausilio di una *total station Leica TPS 1105* con precisione sulle misure angolari di 5”, misura di distanza ad infrarosso 3000 m con prisma circolare (accuratezza pari a 2 mm + 2 ppm) e 170 m senza prisma, con metodologia ad impulsi laser (accuratezza pari a 3 mm + 2 ppm).

Su ciascuno dei vertici materializzati è stata posta la stazione totale e sono state eseguite misure di angoli, distanze e dislivelli rispetto ai prismi posti, tramite basetta su treppiede, sui vertici precedenti e successivi quelli di stazione.

Le misure di rete così ottenute hanno consentito il calcolo delle coordinate dei vertici imponendo dapprima un sistema di riferimento locale con l’asse delle ascisse parallelo il lato  $V_{04}-V_{05}$ , quindi con un angolo di direzione ( $V_{04}-V_{05}$ ) pari a  $100^\circ$  e attribuendo al vertice  $V_{04}$  coordinate  $X = 100,00$ ;  $Y = 100,00$ ;  $Z = 100,00$ .

Sono stati eseguiti i calcoli relativi alla chiusura angolare, lineare ed altimetrica, appurato che tali errori rientrassero nelle rispettive tolleranze, si è proceduto alla compensazione della rete

Di seguito (fig. 6) lo schema delle ellissi d’errore dopo la compensazione della rete e la tabella con gli elementi caratteristici:

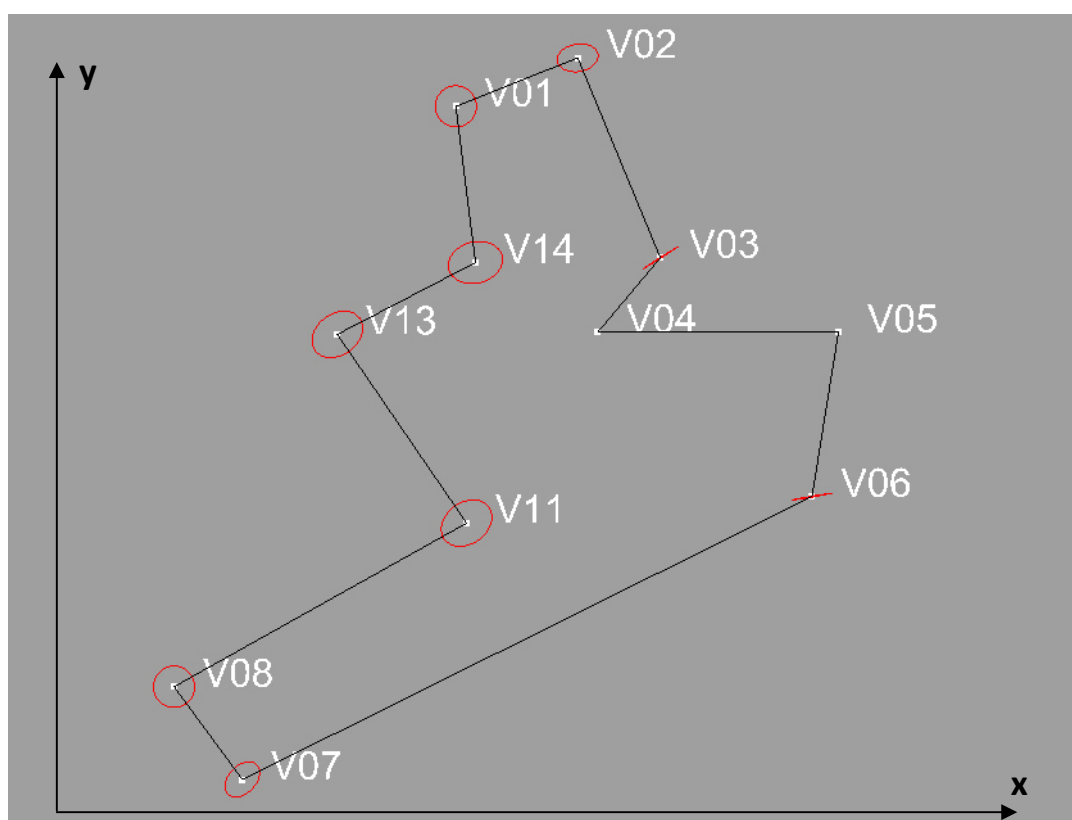


Fig. 6 – Schema delle ellissi d'errore

**Elementi caratteristici dell'ellissi**

nome	incl.asse maggiore (gradi centes.)	semiasse maggiore (metri)	semiasse minore (metri)
1	56.6691	0.003	0.003
2	87.4716	0.003	0.002
3	55.4034	0.003	0.000
6	89.7739	0.003	0.000
7	60.4307	0.003	0.002
8	84.3154	0.003	0.003
11	60.0472	0.004	0.003
13	65.3960	0.004	0.003
14	72.1399	0.004	0.003

La rete, inoltre, si articola in un secondo anello che comprende alcuni vertici del primo, altri nuovi e che consente di rilevare il secondo livello delle “Carceri dei Penitenziati” nonché parte dei prospetti (fig. 7).

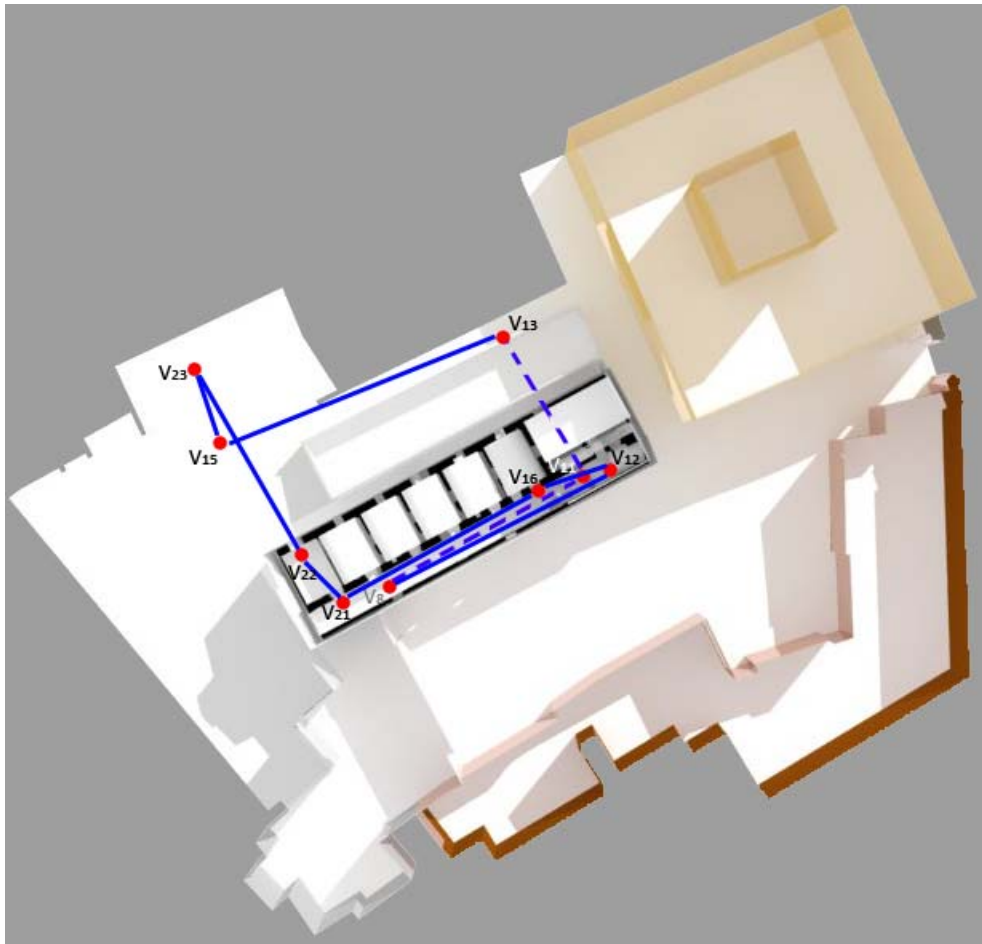


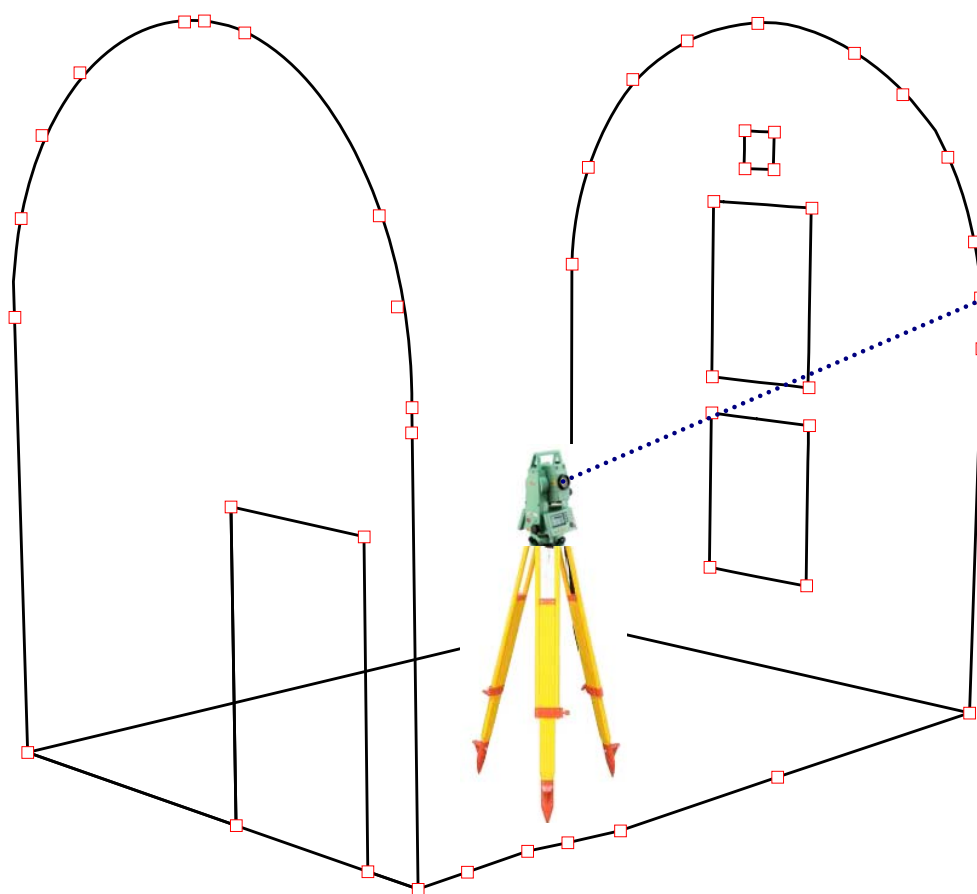
Fig. 7 – Schema planimetrico del secondo anello della rete

Calcolate e compensate le due maglie della rete topografica, sono state ottenute le coordinate piano - altimetriche dei vertici che le compongono e dai quali è stato possibile, in una seconda fase, eseguire il rilievo celerimetrico.

Il rilievo di dettaglio, finalizzato all'ottenimento delle coordinate di tutti quei punti “strategici” idonei alla rappresentazione del manufatto, è stato eseguito a partire

dai vertici della rete precedentemente materializzata e calcolata, eseguendo misure celerimetriche tramite l'utilizzo della stazione totale con modalità ad impulsi laser.

Data la morfologia del manufatto, per il rilievo di dettaglio degli interni è stato necessario ricorrere a dei vertici supplementari, materializzati questa volta come rami di poligonale aperta; laddove si è reso necessario un vertice all'interno di uno specifico ambiente, come all'interno delle celle, per il rilievo dei punti di dettaglio, dai vertici della poligonale chiusa, sono stati rilevati idonei vertici costituenti rami di poligonale aperta. Da questi vertici, si è proceduto quindi al rilievo di tutti quei punti caratterizzanti la morfologia di ogni ambiente (fig. 8) nonché al rilievo dei punti di appoggio a supporto delle successive prese fotogrammetriche per un totale di circa 800 punti.



*Fig. 8 – Rilievo di punti di dettaglio*

## 2.2 – Il rilievo fotogrammetrico

Il percorso di rilevamento, finalizzato alla modellazione tridimensionale foto realistica, è proseguito nella fase del rilievo fotogrammetrico.

Le applicazioni fotogrammetriche si sono limitate al fronte sul piazzale interno e ad una cella del piano terreno, in quanto costituiscono solo un approccio metodologico alla realizzazione di un modello tridimensionale texturizzato finalizzato ad un sistema informativo.

La metodologia di rilevamento utilizzata è basata sulla realizzazione di fotopiani digitali dei fronti, visto l'andamento generalmente piano degli stessi, da realizzarsi mediante la tecnica di restituzione fotogrammetrica omografica.

Per eseguire il "raddrizzamento" di una determinata immagine è necessaria, come è noto, la conoscenza degli otto parametri che definiscono la relazione omografica fra il piano dell'immagine fotografica originaria e quello dell'immagine raddrizzata. La loro determinazione richiede la conoscenza delle due coordinate X ed Y di almeno quattro punti dell'oggetto in questione, opportunamente dislocati sull'immagine da raddrizzare, espresse nel sistema di riferimento oggetto ed individuabili nel sistema di riferimento immagine (fig. 9).

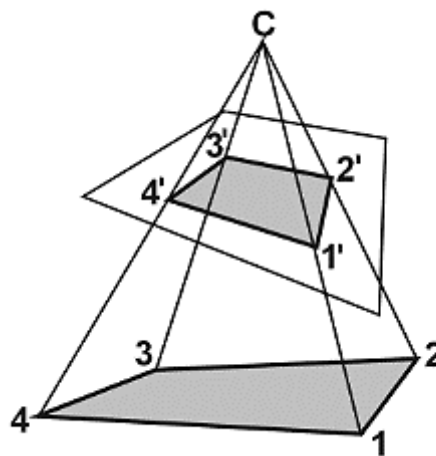


Fig. 9 – Schema della relazione omografica

Le prese sono state realizzate, per quanto concerne il fronte sul piazzale, con una camera amatoriale *Lumix DMC-TZ4* con sensore CCD da 8 MegaPixel, massima risoluzione di acquisizione foto di 3264 x 2448 px e zoom ottico 10x dotata di obiettivo ultragrandangolare Leica DC da 28-280 mm. La fotocamera è stata precedentemente calibrata tramite algoritmi di self-calibration, eseguendo uno schema di prese convergenti su apposito reticolo di calibrazione fornito con il software *Photomodeler*. Inoltre, le prese del fronte principale, sono state eseguite mantenendo le condizioni di presa analoghe a quelle adottate per le fasi di calibrazione.

Contestualmente sono stati rilevati i punti d'appoggio idonei per una corretta restituzione omografica. I fotopiani digitali, elaborati tramite il software *PhotoMetric* della *GeoPro*, realizzati per singole immagini, sono stati ricavati applicando alle caratteristiche della macchina fotografica i parametri di calibrazione precedentemente calcolati e sono stati successivamente mosaicati fino a formare il fotopiano continuo dell'intero fronte, restituito in proiezione ortogonale secondo il piano principale di sviluppo del prospetto sul piazzale delle "Carceri dei Penitenziati" (fig. 10).



Fig. 10 – Fotopiano del fronte nord-ovest delle Carceri

Il fotopiano, generalmente idoneo a restituire la geometria bidimensionale dei fronti, in queste operazioni è stato elaborato, data la semplice morfologia del prospetto, per la successiva fase di mappatura del modello tridimensionale.

In questo senso il fotopiano rappresenta un supporto qualificante il modello tridimensionale, la sua rappresentazione, la produzione di tavole dei degradi e dei disegni e dunque le analisi e la valutazione degli eventuali interventi di restauro.

Per quanto attiene invece le prese relative alla stanza n. 1 posta al piano terra delle "Carceri", queste sono state realizzate dagli operatori del Centro del Catalogo di Palermo con una fotocamera digitale Nikon D300 con obiettivo 28 mm decentrabile ed illuminazione con luce continua per un totale di circa 3000 watt (fig. 11).



Fig. 11 – *Preso di parte della parete sud-est del vano 1 (p.t)*

### **2.3 – Il modello 3D fotorealistico**

Le fasi di rilievo metrico e fotogrammetrico, volte ad una più approfondita conoscenza del bene, hanno consentito l'elaborazione di rappresentazioni tridimensionali fotorealistiche; infatti, a partire dai punti di dettaglio rilevati topograficamente, sono stati disegnati in ambiente CAD, tramite il software Rhinoceros, gli spigoli e tutte le altre entità bidimensionali utili a costruire un modello *wireframe* delle "Carceri dei Penitenziati" (fig. 12).

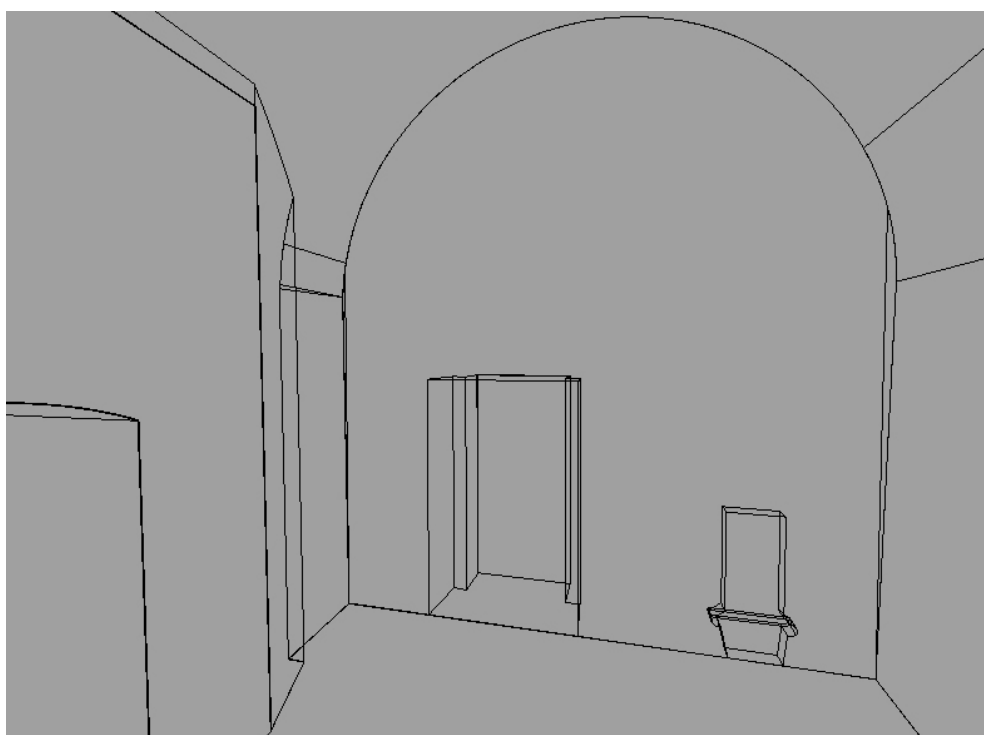


Fig. 12 – *Modello wireframe*

Un modello *wireframe* è la rappresentazione più semplice di un modello geometrico bidimensionale composto da punti, linee e curve, definiti dalle coordinate degli spigoli e da linee che collegano i vari spigoli fra di loro.



Ogni elemento del reticolo deve essere disegnato e posizionato indipendentemente.

Il passo successivo è stato quello di modellare, a partire dallo schema a fil di ferro, tutte le superfici costituenti la “pelle” della fabbrica (pareti, solai, volte, etc.). Questa tecnica di modellazione è stata applicata, raccordando, con superfici *primitive*, *sweep* o *derivate*, dove necessario, le entità bidimensionali che costituiscono ogni singola superficie ottenendo così un modello tridimensionale per superfici (fig. 13).



Fig. 13 – *Modello digitale*

Un modello per superfici è una rappresentazione della geometria di un oggetto mediante superfici visibili di spessore nullo.

Le superfici sono definite singolarmente e non contengono le relazioni topologiche fra le singole superfici ma solo la geometria esplicita (non parametrica) del modello.

Al modello per superfici sono state applicate successivamente le texture per renderlo fotorealistico. Infatti, i fotopiani precedentemente realizzati sono stati utilizzati per le mappature piane sulle superfici di appartenenza. Con questa tecnica, eseguita sempre tramite *Rhinoceros*, è stato ottenuto un modello tridimensionale fotorealistico (fig. 14) facilmente gestibile con qualsiasi programma CAD e inoltre esportabile in formati quali VRML o X3D per la visualizzazione e navigazione interattiva con appositi *viewer*.



Fig. 14 – *Modello tridimensionale fotorealistico*

### **3 – Integrazione del modello tridimensionale in una piattaforma multimediale**

La realizzazione di un modello tridimensionale foto realistico come descritto nei capitoli precedenti, consente diverse applicazioni che vanno dalla “semplice” catalogazione digitale, all’analisi finalizzata ad interventi conservativi, alla fruizione multimediale integrata ai sistemi informativi spaziali.

Il concetto fondamentale è quello di poter raccogliere, all’interno dello stesso strumento multimediale, sia il modello tridimensionale foto realistico navigabile che attributi (storici, geometrici, topologici, iconografici) relativi al manufatto e gestibili tramite un sistema informativo spaziale.

Quest’ultima applicazione risulta di notevole interesse sia per l’esplorazione tridimensionale interattiva sia per la possibilità di interrogare il modello ed ottenere informazioni supplementari sul manufatto in esame.

Tuttavia, è importante sottolineare che l’artefatto digitale non è in alcun modo sostituibile all’opera reale. L’idea è quella di affiancare ai beni culturali un modello digitale complementare che valorizzi quello reale.

Per far ciò occorre sapere:

- Quale formato 3D scegliere;
- Come collegare una risorsa web ad un artefatto digitale;
- Come possono essere create tutte le informazioni utili a corredo dei modelli digitali;
- Come possono essere archiviate tali informazioni;
- Come è possibile integrare informazioni di tipo posizionale;
- Come può essere distribuito sul Web un modello di questo tipo.

Una piattaforma multimediale strutturata in questo modo offre inoltre la possibilità di creare cataloghi museali digitali interattivi incorporando metadati 3D che possono essere visualizzati dai visitatori tramite dispositivi portatili tipo *iPad*

con un'interfaccia utente molto intuitiva ideale per visite guidate anche personalizzate. Infatti, oltre alle informazioni "tipiche" gestibili da un sistema informativo spaziale, integrato alla piattaforma multimediale interattiva, è possibile associare informazioni di tipo posizionale che consentono al sistema di ricevere le coordinate  $x$ ,  $y$ ,  $z$  del visitatore quindi inviare al dispositivo portatile informazioni mirate alla sua posizione e quindi alle opere d'arte vicine e/o all'ambiente in cui ci si trova.

Per ottenere informazioni relative alla posizione del visitatore è stata messa a punto una rete di sensori wireless idonea al posizionamento *indoor*. Inoltre, tramite la possibilità di collegamenti di tale rete a ricevitori *GPS* esterni, è possibile integrare la maglia in un sistema *outdoor* georiferito.

### 3.1 – Il formato 3D

La possibilità di fornire contenuti 3D su un browser web o su dispositivi multimediali portatili appare oggi di grande rilievo. Le soluzioni attualmente disponibili utilizzano plugin (Java, JavaScript o dipendenti dalla piattaforma come ActiveX, ecc) al fine di visualizzare contenuti in 3D all'interno del browser.

Altre soluzioni idonee alla fruizione di modelli 3D prevedono la strutturazione di un sistema complesso in grado di gestire oltre ai modelli tridimensionali anche altre applicazioni ad esso associate.

Gli studi della seguente tesi hanno condotto all'utilizzo dei modelli 3D in ambiente *Adobe Acrobat* che consente, tramite l'utilizzo del linguaggio *JavaScript*, la possibilità di gestirli in modo semplice nonché di integrarli con appositi sistemi informativi spaziali. Nel caso di studio è stato implementato il modello tridimensionale delle "Carceri dell'Inquisizione" in un file PDF secondo opportune modalità di inserimento e gestione.

Dalla versione di *Adobe Acrobat 7.0* è possibile, creando un file PDF, inserire modelli 3D provenienti da diversi ambienti di modellazione tridimensionale. Nel caso in esame, dal software di modellazione *Rhinoceros 4.0* è stato esportato un file 3D texturizzato con estensione *\*.3ds* che è stato poi importato all'interno del file *\*pdf* (fig. 15).

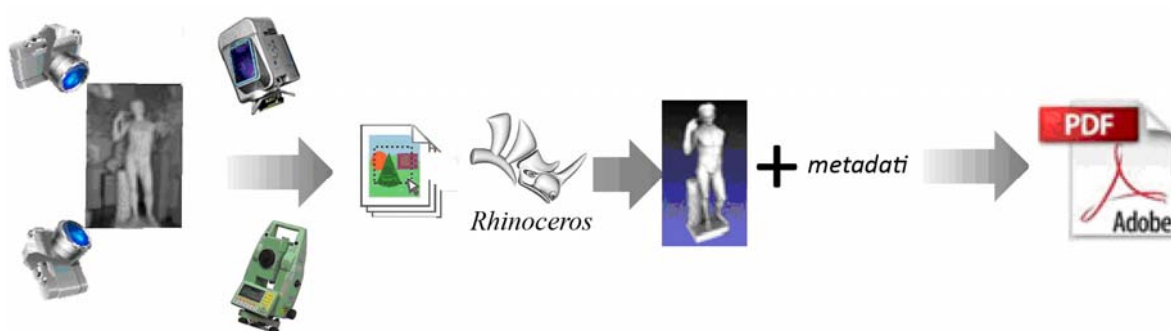


Fig. 15 – Schema cronologico dell'elaborazione dei dati

Il software *Adobe Acrobat* gestisce il file tridimensionale importato in un'area definibile all'interno dello spazio modello del formato scelto (A4, A3, etc.). Tale area può essere visualizzata anche come finestra mobile all'interno del file in modo tale che, se il file è composto da più pagine, è possibile decidere di visualizzare tramite la finestra mobile, il modello 3D sempre in primo piano.

Il software gestisce inoltre diverse modalità di visualizzazione dei modelli 3D (*wireframe, solid, trasparente, textured, etc.*), diversi punti di vista predefiniti (*alto, laterale, assonometrica, etc.*) nonché viste definibili dall'utente tramite rotazioni del punto di vista o navigazione immersiva, differenti sorgenti luminose, la possibilità di eseguire delle misure sul modello nonché di effettuare sezioni verticali, orizzontali o con piani di sezione definibili dall'utente. (fig. 16).

Al tempo stesso il software consente di gestire un sistema informativo spaziale legato al modello tridimensionale, tramite l'interrogazione di un apposito database, di cui si parlerà nei prossimi capitoli, residente sullo stesso dispositivo portatile dove è presente l'applicazione *PDF* o su di un *pc* remoto.

Tale database, strutturato in *Access*, può contenere informazioni di varia natura ma appare di notevole importanza soffermarsi sulla possibilità di rilevare, gestire ed integrare, dati di tipo posizionale relativi ad un'unità mobile integrata ai dispositivi portatili a servizio dei fruitori.

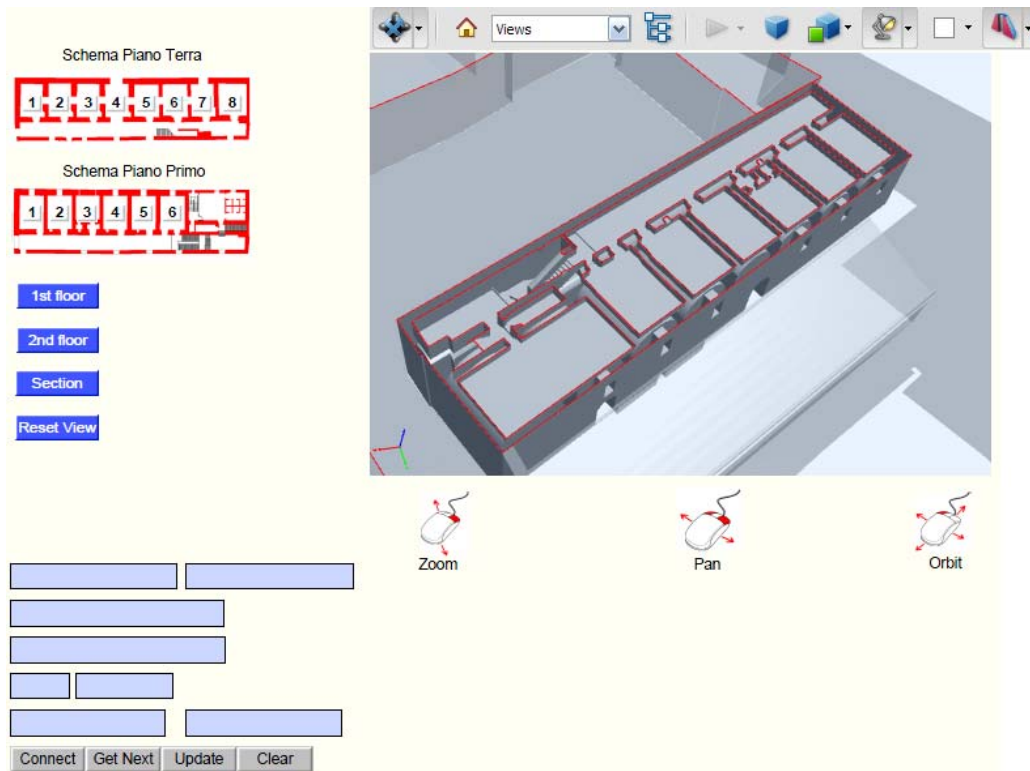


Fig. 16 – *Interfaccia della piattaforma multimediale PDF*

## **4 - I Sistemi Informativi per l'architettura**

L'elemento che contraddistingue fortemente la lettura "statica" dei modelli tridimensionali foto realistici dai sistemi informativi spaziali è appunto l'integrazione di un database interrogabile ed al contempo la navigazione del modello del nostro manufatto.

Nel caso di un bene culturale, il Sistema Informativo spaziale consente di "arricchirne" il modello digitale con informazioni supplementari utili ad un approccio multidisciplinare.

Occorre ricordare che un sistema informativo è costituito essenzialmente da quattro componenti principali:

1. Le risorse umane e materiali (hardware);
2. Il software;
3. I dati;
4. Le funzioni.

Ad ogni elemento tridimensionale del modello si possono associare tre tipi di attributi (dati):

- a. Geometrici (posizione e forma);
- b. Informativi (attributi associati all'elemento od alla posizione dell'utente);
- c. Topologici (contiguità, inclusione, connessione con altri elementi)

Le funzioni dei Sistemi Informativi possono essere raggruppate in tre sottosistemi:

- a. Funzioni di visualizzazione dei dati;
- b. Funzioni di gestione dei dati;
- c. Funzioni di analisi dei dati;

Il principio fondamentale di un sistema informativo è l'organizzazione di una conoscenza operativa in relazione alle scale di gestione e di intervento dove gli



oggetti di interesse sono i beni architettonici, i beni ambientali, il bene territorio: in sostanza i beni culturali e i loro rapporti di continuità e contiguità. L'obiettivo della ricerca è quello di strutturare e gestire un modello di sistema informativo per l'architettura di semplice utilizzo e facilmente accessibile e condivisibile attraverso il Web.

In un sistema informativo la gestione delle basi di dati è uno degli aspetti fondamentali; inoltre occorre individuare un sistema di catalogazione dei beni culturali (quando il sistema informativo interessa le mutue connessioni fra questi) e dei principali sistemi di classificazione delle informazioni di dettaglio (in riferimento ai sistemi rivolti ai singoli beni culturali).

Per la rappresentazione dei dati in un sistema informativo occorre formalizzare un modello rappresentativo flessibile che si adatti ai fenomeni reali. Nei Sistemi Informativi Geografici abbiamo tre tipologie di informazioni:

- **Geometriche:** relative alla rappresentazione cartografica degli oggetti rappresentati; quali la forma (punto, linea, poligono), la dimensione e la posizione geografica;
- **Topologiche:** riferite alle relazioni reciproche tra gli oggetti (connessione, adiacenza, inclusione ecc...);
- **Informative:** riguardanti i dati (numerici, testuali ecc...) associati ad ogni oggetto.

Il GIS prevede la gestione di queste informazioni in un database relazionale.

L'aspetto che caratterizza il GIS è quello geometrico: esso memorizza la posizione del dato impiegando un sistema di proiezione reale che definisce la posizione geografica dell'oggetto.

Nelle elaborazioni che seguono, ci si è concentrati piuttosto su un modello di sistema informativo legato alla scala architettonica. Questo comporta alcune analogie con i GIS ma anche alcuni aspetti differenti.

Infatti, i dati di riferimento non sono geografici ma architettonici e possono essere georiferiti oppure restare in un sistema locale; la morfologia dei dati è di tipo tridimensionale e le relazioni topologiche saranno certamente differenti da quelle geografiche.

Fatte queste premesse la ricerca si è rivolta verso un sistema che implementasse il modello interattivo e le informazioni ad esso associate in un *ambiente* omogeneo e *user friendly*.

L'ambiente Adobe Acrobat si è dimostrato versatile sia per la gestione dei modelli tridimensionali che per la diffusione del relativo software di lettura.

Inoltre il plug-in Acrobat Database Connectivity (ADBC) fornisce alcune proprietà di base JavaScript e metodi per la connessione ai database. Questi, possono essere utilizzati per ottenere informazioni su banche dati disponibili sul sistema. Inoltre, JavaScript può essere utilizzato per eseguire SQL e ricevere dati, che possono, a loro volta, essere utilizzati per arricchire un file PDF. Viceversa, attraverso JavaScript e SQL, i valori dei campi di un modulo PDF possono essere salvati in un database, per aggiornarlo, se necessario.

## 4.1 – L'architettura del sistema informativo spaziale

Gli aspetti fondamentali sui quali ci si è concentrati nell'elaborazione di questa tesi sono stati, con riguardo ai sistemi informativi, quelli legati alla strutturazione dei dati ed al software di gestione delle informazioni.

I dati che costituiscono il sistema informativo sono essenzialmente geometrici (riferiti al modello tridimensionale realizzato) ma anche informazioni legate alle singole stanze, alla presenza o meno di graffiti, immagini delle pareti, etc.

Tuttavia, a seconda del manufatto per il quale occorre creare un sistema informativo, i dati possono essere diversi caso per caso. È possibile creare delle relazioni topologiche, discretizzare la geometria fino alle unità elementari che la compongono, etc.

In questo progetto è apparso opportuno individuare come dati elementari del sistema informativo, le celle che costituiscono il complesso delle "Carceri dei Penitenziati"; pertanto ogni record del data base sarà costituito da informazioni legate alla cella n. X, alla sua geometria, alla presenza o meno di graffiti, ad immagini delle pareti.

Oltre alle informazioni "tradizionali" di un Sistema Informativo, in questo studio sono state indagate le possibilità di inserimento, all'interno del data base, delle informazioni di tipo posizionale di un'unità mobile. L'ipotesi è quella di avere a disposizione dei dispositivi tipo *iPad* sui quali poter installare un sensore wireless *zigbee* e, grazie alla presenza di un'ampia rete di sensori (WSN) dislocati all'interno dell'edificio, poter ricavare la posizione del sensore mobile e comunicare tali informazioni al database giacente sul server; grazie agli attributi posizionali, il server potrà inviare al dispositivo mobile informazioni personalizzate relative al luogo in cui ci si trova (es. la stanza di un grande museo). Tali sperimentazioni superano il limite del posizionamento *indoor* che risulterebbe impossibile con

l'ausilio di sistemi di posizionamento globale come il GPS con il quale è tuttavia integrabile, consentendo un sistema di posizionamento dinamico *indoor-outdoor*.

L'altro elemento fondamentale per l'architettura del sistema informativo è il software di gestione dei dati.

Gli studi si sono rivolti verso l'ambiente *Adobe Acrobat* sia per la possibilità di implementare il modello tridimensionale fotorealistico, sia per la possibilità di poter dialogare, tramite *javascript*, con un data base *ADBC* associato.

## 4.2 – Il posizionamento indoor

L'aspetto posizionale costituisce un valore aggiunto nell'ambito di un Sistema Informativo Spaziale, soprattutto quando fornisce informazioni sulla posizione "statica", ma anche dinamica (tracker) di un'unità mobile.

La tecnologia elettronica odierna mette a disposizione una serie di sensori utili a scopo posizionale e per il rilevamento dei parametri ambientali.

Una delle esigenze di rilevante importanza nelle applicazioni di posizionamento geospaziale è il poter dare continuità alla posizione di un'unità mobile sia all'esterno che all'interno degli edifici.

Mentre il primo aspetto (posizionamento all'esterno) è in buona parte risolto, esistono ad oggi notevoli difficoltà relativamente al posizionamento interno. Infatti se i ricevitori GPS, per l'esterno, risolvono il problema, pur con difficoltà di posizionamento in quelle situazioni in cui si ha una difficoltosa ricezione del segnale, all'interno tali strumenti si rivelano pressoché inutili a causa dell'elevata incertezza posizionale dovuta a vari fattori fra cui la scarsa ricezione del segnale, effetti di multipath ecc..

Sono però disponibili sistemi diversi che, opportunamente integrati, permettono di definire la posizione di un'unità mobile anche all'interno di edifici, pur con precisioni molto differenti e non sempre elevate. In realtà le soluzioni oggi proposte riguardano situazioni e campi applicativi per i quali non è richiesta una elevata accuratezza posizionale.

Infine si rileva l'esistenza di standard per la trasmissione di dati geospaziali a server web, e la loro diffusione in tempo reale tramite interfacce web in modo grafico (applicazioni *webgis* supportate da *web services*). Mentre la tecnologia hardware è abbastanza sviluppata ed assestata, la parte di interazione fra reti di sensori diversi e la messa a disposizione dei dati rilevati secondo metodologie standard in grado di garantire l'operabilità fra sistemi, fa riferimento a raccomandazioni recenti in

possibile fase di evoluzione sulle base di nuovi test e verifica emergenti dall'attività di ricerca.

L'attività di ricerca proposta si propone pertanto di:

- indagare quali sistemi di posizionamento indoor sono disponibili sul mercato e valutarne le capacità di funzionamento e accuratezza posizionale;
- individuare un sistema adeguato alle esigenze di posizionamento relative a possibili applicazioni nel settore dei beni culturali, della protezione civile e ambientale e del supporto alle persone diversamente abili, applicazioni di contact detection;
- configurare un prototipo del sistema hardware;
- studiare i servizi web (*web services*) necessari a gestire la comunicazione dei dati al server *webgis* e le relative elaborazioni (*processing services*);
- materializzare, con una certa accuratezza, comparabile con quella dei ricevitori a singola frequenza con correzione EGNOS, su mappe visualizzate tramite interfaccia *webgis* 3D la posizione di unità mobili.

## 5 – Le reti di sensori wireless (WSN)

Le reti di sensori wireless costituiscono oggi un notevole contributo al rilevamento di svariate condizioni ambientali e, non ultimo, anche al posizionamento *indoor-outdoor*.

La struttura delle reti wireless è composta da una serie di sensori nodo e sensori controllori. Convenzionalmente le comunicazioni fra nodi sensore ed i controllori centralizzati, così come le prime applicazioni degli *smart sensor* (dispositivi integrati, dotati di microcontrollori in grado di effettuare attività di comunicazione ed elaborazione dell'informazione), prevedevano interfacce di comunicazione cablate. L'utilizzo di cavi consente l'impiego di dispositivi che non hanno limitazioni di potenza poiché laddove saremo in grado di portare una connessione cablata per i dati sarà in generale possibile prevedere anche una o più linee di alimentazione, inoltre le soluzioni cablate consentono dei buoni livelli di sicurezza visto che bisogna avere accesso fisico diretto al cavo per poter prelevare informazioni dalla rete. Al contempo però soffrono di gravi limitazioni: in primo luogo per quel che concerne l'impossibilità o le difficoltà d'installazione in ambienti inospitali per l'uomo, a ciò si aggiunge un problema implicito di costi visto che l'installazione di ciascun dispositivo richiederà manodopera e materiali per le operazioni di cablatura; inoltre una struttura cablata è essenzialmente "rigida", cioè risulta difficile aggiungere nuovi nodi alla rete o modificare la posizione di sensori preesistenti senza riconsiderare l'intera struttura della rete, basti pensare a semplici applicazioni di sensori nel settore del *building automation*. Si pensi ad esempio ad un sistema di controllo centralizzato per il condizionamento di una abitazione residenziale: per avere un controllo "ottimale" della temperatura sarà necessario installare dei sensori di temperatura in ogni stanza, collegati ad una unità di controllo centralizzata in grado di decidere in che modo abilitare i condizionatori o termoconvettori presenti nei diversi vani dell'abitazione. In

questo contesto l'uso di *smart sensor* può consentire di alleggerire le specifiche del controllore centralizzato utilizzando sensori di temperatura che monitorino automaticamente l'escursione termica all'interno di ciascuna stanza e siano in grado di abilitare direttamente il funzionamento dei sistemi di ventilazione posti all'interno dello stesso vano abitativo. È evidente però che per spostare anche uno solo di questi sensori o attuatori (condizionatori o termoconvettori) è necessario ripensare ai cavi posti sotto traccia e se non sono state previste in sede di progetto delle guide per cavi aggiuntive risulta necessario ricorrere a nuove opere di muratura. Esempi analoghi potrebbero essere fatti sempre nel campo della *building automation* per quanto concerne il controllo dell'illuminazione, o di un impianto di antifurto. Le soluzioni *Wireless* sembrano essere la soluzione ideale a questo tipo di problemi, ma esse comportano al contempo una serie di svantaggi in termini di problemi di propagazione del segnale, interferenze, sicurezza, requisiti di potenza, norme legislative ed altro ancora. Per molti di questi problemi esistono soluzioni efficaci, ma per ogni soluzione adottata dovremo sempre prendere in considerazione l'aumento della complessità progettuale e il relativo aumento dei costi di realizzazione.

Delineando quali siano i requisiti a cui una rete di sensori wireless deve rispondere si osserva che alcuni risulteranno essere comuni a qualsiasi tipologia di rete *wireless* (fra gli altri possiamo ricordare prestazioni, *range*, sicurezza e consumi); altri risulteranno essere dipendenti dalla particolare applicazione: è questo il caso per esempio della determinazione della velocità di trasmissione, visto che alcune applicazioni richiedono decine di megabits al secondo (es. Applicazioni di video sorveglianza), mentre altre hanno requisiti meno stringenti nell'ordine di pochi kbit al secondo (es. telecomandi, sensori di temperatura ecc...).

Le dimensioni delle reti stesse possono variare in funzione dell'applicazione e variare dal metro fino ad alcuni chilometri. Infine, è opportuno analizzare le caratteristiche peculiari che differenziano le reti di sensori rispetto alle reti



tradizionali, fra le altre anticipiamo come già detto la necessità di prevedere modalità di autoconfigurazione, in particolare se ci si riconduce allo standard IEEE 1451 si dovrà prevedere l'utilizzo del riconoscimento dei dispositivi mediante TEDS (*Transducer Electronic Data Sheet*).

Scopo principale di una rete di sensori è distribuire sulla rete le informazioni raccolte da ciascun nodo. Affinché i dati possano essere verificati e coordinati, l'utente deve essere in grado di accedere ad ogni dispositivo per conoscerne la calibrazione effettuata dal costruttore ed ogni dato utile alla sua identificazione, risulta infine indispensabile che siano previste delle modalità di identificazione di ciascun nodo all'interno della rete.

Altro fattore caratterizzante le reti di sensori è la necessità di raccogliere le informazioni dai sensori in modo sincrono, o meglio si ha la necessità di sapere esattamente quando una grandezza viene rilevata da un trasduttore, in generale una rete di sensori dovrà avere una organizzazione più deterministica dal punto di vista dei tempi, rispetto a reti ad accesso casuale, generalmente impiegate nelle reti informatiche.

Ogni livello fisico in grado di realizzare uno standard simile o aderente all' IEEE 1451 deve prevedere un robusto meccanismo di sincronizzazione, per permettere la coesistenza dei diversi dispositivi sulla rete visto che la risoluzione temporale nelle applicazioni più stringenti può essere nell'ordine del microsecondo.

Dalle osservazioni raccolte fino a questo punto si desume che la realizzazione di una rete di sensori *wireless* richiede l'utilizzo di tecniche di rete specifiche, anche se molti protocolli e algoritmi sono stati proposti in letteratura per realizzare reti *wireless ad hoc*, questi non sono completamente adattabili alle reti di sensori *wireless*, a causa delle specifiche necessità di questo tipo di rete.

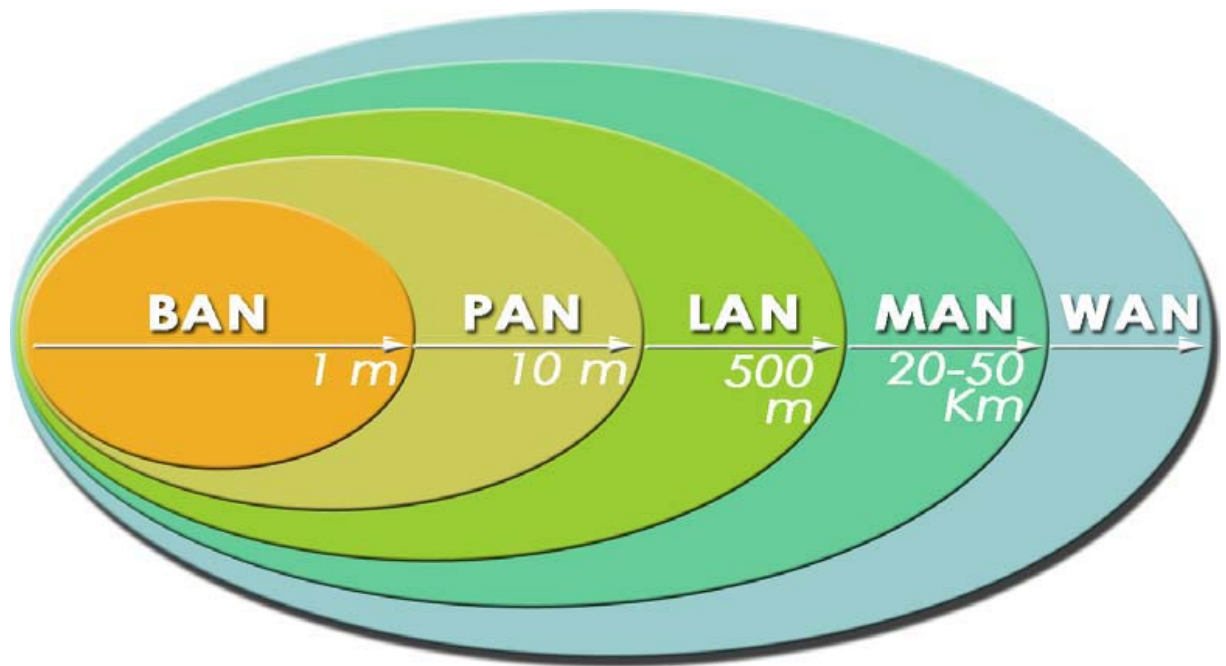


Fig. 17 – Classificazione delle reti in funzione dell'area coperta

Nella fig. 17 vengono riportate le dimensioni caratteristiche delle WAN (*Wide Area Network*), MAN (*Metropolitan Area Network*), LAN (*Local Area Network*), PAN (*Personal Area Network*), ed infine BAN (*Body Area Network*). Questo tipo di classificazione viene in genere ricondotto alla definizione di reti cablate, anche se in generale potremo costruire un modello molto simile in cui inserire le diverse tipologie di rete *wireless* ad oggi presenti sul mercato, quest'ultima classificazione però risulterà essere meno precisa per la continua evoluzione del mercato del *wireless*. In corrispondenza delle reti locali LAN possiamo individuare il corrispondente *wireless* all'interno dello standard IEEE 802.11 che descrive le WLAN, reti pensate per poter sostituire la corrispondente cablata, quindi in grado di sostenere i flussi di informazioni richiesti dai *personal computer*, raggiungendo velocità di trasmissione comprese fra gli 11Mbit/s (IEEE 802.11b) ed i 54 Mbit (IEEE 802.11g), anche se sono attualmente allo studio nuovi standard che intendono estendere le capacità delle reti WLAN oltre i 100 Mbit/s.

Esistono reti *wireless* anche nel campo delle MAN dando origine alle *Wireless Metropolitan Area Network*, in grado di coprire aree superiori al chilometro (WMAN IEEE 802.16).

Per quanto concerne le PAN, cioè reti personali che devono coprire distanze fino a dieci metri, è recente la composizione di un comitato dedicato alle WPAN (*Wireless Personal Area Network*), indicato come IEEE 802.15; all'interno di questo gruppo sono state definite tre diverse classi di WPAN caratterizzate da diversi *data rate*, consumi e QoS:

- **WPAN ad elevati data rate**

Vengono descritte dall'IEEE 802.15.3, all'interno di questa famiglia si trovano tecnologie pensate per applicazioni di tipo multimediale e che richiedano un elevato QoS, fra le altre ricordiamo WiMedia e Bluetooth2;

- **WPAN a medi data rate**

Sono tecnologie descritte dall'IEEE 802.15.1 (*Bluetooth*), sono pensate come il candidato ideale alla sostituzione dei cavi per l'elettronica di consumo, quindi in particolare per applicazioni nel campo della telefonia cellulare e dei PDA (*Personal Digital Assistant*);

- **WPAN a bassi data rate**

Vengono indicate come LR-WPAN (*Low Rate WPAN IEEE 802.15.4, ZigBee*), intendono rispondere alle esigenze di reti che richiedano bassi consumi e bassi costi che non possano essere implementate con altre WPAN.

Come detto in precedenza, le PAN saranno l'ambiente di studio per la realizzazione di reti di sensori *wireless*, ed in particolare ci si concentrerà sulle reti a basso *data rate*, caratterizzate da bassi costi e consumi.

Nel caso particolare delle reti di sensori è possibile effettuare ulteriori classificazioni utilizzando per esempio la tipologia dell'applicazione (Industriale, medica, militare, consumer, ecc...), oppure considerando l'ambiente in cui la rete

deve essere utilizzata (Ambienti caratterizzati da vibrazioni, esplosioni, solventi, accelerazioni, temperature ecc...). L'interesse nelle reti di sensori *wireless* ha due aspetti principali, in primo luogo la necessità di ridurre i costi d'installazione dovuti ai materiali, ai cavi impiegati, alla fase di *testing* e di verifica. Il secondo aspetto è il fatto che le WSN (*Wireless Sensors Network*) permettono la realizzazione di ambienti dotati di una elevata densità di sensori che implementano una struttura di controllo che genera grandi quantità di informazioni le quali possono essere impiegate per migliorare la qualità dei processi industriali, le corrispondenti versioni cablate, anche nei casi in cui fosse fisicamente possibile realizzare una rete dotata di un elevato numero di trasduttori, risultano essere svantaggiose da un punto di vista economico e ciò rende la realizzazione di sistemi ad elevate densità di nodi sensore cablati praticamente irrealizzabili, o comunque economicamente improponibili.

Una soluzione *wireless* consente maggior flessibilità, semplicità di installazione e manutenzione, ma al contempo dovremo tenere conto del fatto che i vantaggi appena descritti in molte applicazioni non sono sufficienti per prevedere la completa sostituzione delle reti cablate, basti pensare al problema della sicurezza. Inoltre è opportuno valutare in sede di progetto la possibilità di realizzare reti di tipo ibrido in cui venga prevista una parte cablata ed una parte *wireless*, in grado però di cooperare ed interagire fra loro in modo trasparente per l'utente finale.

In questo contesto le reti di sensori wireless possono essere considerate come una estensione delle reti cablate, laddove l'utilizzo delle tecnologie wireless aggiunge valore specifico all'applicazione.

### **Applicazioni**

Le reti di sensori possono essere implementate utilizzando una vasta tipologia di sensori come sensori sismici, magnetici, termici, infrarossi, acustici, radar, che sono in grado di monitorare una ampia classe di condizioni ambientali fra le quali possiamo ricordare:

- Temperatura;
- Umidità;
- Movimenti di veicoli;
- Condizioni di illuminazione;
- Pressione;
- Livelli di rumore;
- Presenza o assenza di determinati tipi di oggetti;
- Stress meccanici;
- Velocità, direzione e dimensione di oggetti.

Ciascun nodo sensore potrà inoltre essere utilizzato in diverse modalità, sarà possibile interrogare periodicamente un sensore per avere una informazione continua, utilizzarli solo per verificare il raggiungimento di una particolare condizione, o modalità ibride in cui viene controllata periodicamente una grandezza, ma se questa supera una determinata soglia il sensore avverte direttamente il controllore (es: Controllo di processi e lavorazioni dell'industria chimica).

Alcune delle principali applicazioni delle reti di sensori *wireless* possono essere classificate in cinque macro gruppi: applicazioni militari, applicazioni industriali, controllo ambientale, applicazioni mediche, *home automation*.

#### *Applicazioni militari*

Le reti di sensori *wireless* possono diventare parte integrante delle più comuni attività militari come il comando, il controllo dei campi di battaglia, la rilevazione degli spostamenti delle truppe nemiche, la sorveglianza e le operazioni di localizzazione dei bersagli. Questo perché le WSN sono caratterizzate da un elevato numero di nodi dal costo contenuto che possono essere impiegati in grandi quantità anche in ambienti inhospitali quale può essere un campo di battaglia.

L'eventuale distruzione infatti di uno o più nodi non influenza l'efficienza della rete, cosa che invece potrebbe accadere utilizzando reti cablate.

Alcune delle applicazioni del campo militare possono essere il controllo ed il rilevamento dello stato degli equipaggiamenti, la sorveglianza del campo di battaglia per monitorare le attività delle fazioni nemiche, o ancora per rilevare i danni conseguenti ad una battaglia, o il riconoscimento di agenti chimico fisici nell'ambito di battaglie chimico biologiche.

In quest'ultimo contesto è possibile individuare anche il concetto di misura distribuita che una rete di sensori *wireless* può consentire, cioè nel caso della rilevazione di agenti chimici non è di primaria importanza conoscere la concentrazione di sostanze rilevata da ciascun nodo sensore, ma è più rilevante sapere quali zone sono state interessate dall'attacco chimico, i diversi sensori allora possono implementare degli algoritmi di cooperazione che permettono di avere una informazione di misura appunto "distribuita" su di una determinata regione e non localizzata in punti precisi.

### *Applicazioni industriali*

L'utilizzo delle LR-WPAN nel settore industriale s'inserisce nella continua ricerca della diminuzione dei costi per implementare sistemi di controllo per i processi produttivi. Le prime applicazioni si hanno laddove non vengano richiesti elevati *data rate*, utilizzati in applicazioni non critiche, dove gli intervalli di campionamento non risultano essere un problema.

Al contrario l'attenzione viene posta sui costi di implementazione e di manutenzione, ciò comporta la necessità di dispositivi che non richiedano manutenzione, dove per manutenzione intendiamo primariamente la necessità di sostituire e/o ricaricare le batterie. Altre tipiche applicazioni industriali possono essere la realizzazione di *bridge wireless* verso altre reti già esistenti come DeviceNet o FieldBus creando un'interfaccia che possa consentire il monitoraggio

remoto e la modifica dei parametri di funzionamento di dispositivi connessi alle reti preesistenti impiegando PDA o altri sistemi.

### *Controllo ambientale*

Alcune delle applicazioni delle WSN in questo ambito possono essere i sistemi di prevenzione degli incendi, le statistiche relative alla fauna protetta, agricoltura di precisione, ricerche meteorologiche e geofisiche, controllo dell'inquinamento. Consideriamo ad esempio l'impiego di una rete di sensori *wireless* nella lotta agli incendi, un numero elevato di sensori possono essere posizionati in zone strategiche in modo casuale all'interno di una vasta area boschiva, questi nodi ovviamente devono essere dotati di opportuni meccanismi di *power scavenging*, come celle solari, poiché i sensori possono essere abbandonati nel territorio per lunghi periodi. L'utilizzo di sensori wireless permette di superare gli ostacoli tipici degli ambienti boschivi quali le rocce, gli alberi e la vegetazione in genere, che non consentirebbe l'installazione delle corrispettive versioni cablate, a meno di considerare interventi radicali molto costosi e distruttivi.

Un campo di sviluppo molto recente che prevede l'utilizzo delle LR-WPAN è l'agricoltura di precisione, che prevede l'utilizzo di sensori distribuiti che possono monitorare alcuni parametri fondamentali per le coltivazioni come le concentrazioni di nitrati, la temperatura del suolo, la composizione del terreno, la quantità di acqua piovana, l'umidità relativa delle coltivazioni ed altro ancora. In questo modo è possibile studiare dei sistemi di controllo che consentano di migliorare l'agricoltura sia in termini di qualità del prodotto finale sia per quanto concerne la quantità, consentendo quindi un notevole vantaggio economico per il fattore. Affinché questo tipo di sistema di controllo applicato all'agricoltura possa essere efficace è necessario che l'informazione di ogni sensore sia correlata alla sua posizione affinché l'utente sia informato sulle zone precise in cui intervenire.

L'agricoltura di precisione, come del resto i sistemi di prevenzione degli incendi descritti precedentemente, giacciono nella parte più bassa dello spettro delle applicazioni delle LR-WPAN, poiché richiedono la trasmissione di pochi *bit* di dati al giorno per ogni dispositivo impiegato, i flussi di informazione inoltre sono tipicamente asincroni in natura, consentendo quindi di sviluppare algoritmi di risparmio energetico che ben si applicano al paradigma delle LR-WPAN.

Le difficoltà che si possono incontrare nel progetto di questo tipo di rete sono le particolari topologie necessarie, poiché per coprire vaste aree avremo bisogno di reti *mesh* che consentano cioè ad alcuni nodi di funzionare come ripetitori del segnale inviato da altri, consentendo al messaggio di giungere fino al corretto destinatario, tutto questo però sempre adottando politiche di risparmio energetico, visto che è improponibile il controllo e l'eventuale sostituzione di batterie per reti di sensori implementate su vaste aree geografiche. Infine queste reti devono consentire meccanismi di autoconfigurazione poiché attività di *setup* manuale per un così elevato numero di nodi risultano economicamente improponibili.

### *Applicazioni Mediche*

Alcuni esempi in questo campo possono essere la trasmissione dei parametri fisiologici dei pazienti all'interno degli ospedali, attività diagnostiche, somministrazione di medicinali, *personal healthcare* ed altro. L'utilizzo di WPAN consente all'interno delle strutture ospedaliere di poter monitorare i parametri fisiologici dei pazienti come temperatura, pressione sanguigna, pulsazioni cardiache in modo non invasivo per il paziente e consentendo l'intervento tempestivo dei medici in caso di bisogno. Applicazioni simili possono essere individuate anche nel *personal healthcare*, basti pensare ad una serie di sensori dotati di interfaccia *wireless* integrati per esempio all'interno di un orologio da polso che consenta la misurazione dei battiti cardiaci, o in una bilancia per



monitorare il peso; in questo modo con una trasmissione giornaliera verso un PDA o un *personal computer* è possibile costituire un archivio personale in cui vengono memorizzate le informazioni salienti del nostro stato di salute. Altra applicazione interessante è il controllo remoto di persone anziane per prevenire situazioni di pericolo quali per esempio una caduta o uno sbalzo improvviso delle pulsazioni cardiache. Infine, nominiamo solamente la possibilità di controllare la somministrazione di medicinali all'interno degli ospedali, supponiamo infatti di dotare ogni confezione di un apposito *smart transducer* che ne consenta l'identificazione ed ogni paziente sia dotato di un dispositivo che memorizzi le eventuali allergie o le prescrizioni effettuate dal medico curante, in questo modo si potrebbe ridurre drasticamente il rischio di errata somministrazione.

#### *Home and Building automation*

Con l'evoluzione tecnologica ci aspettiamo di trovare degli *smart transducer* in ogni apparato elettronico all'interno della casa come televisori, VCR, forni a microonde, frigoriferi e quant'altro, in modo che tutti questi dispositivi siano in grado di interagire fra loro e verso il mondo esterno attraverso altre infrastrutture di rete come comunicazioni via satellite o più diffusamente internet.

Il progetto di una casa intelligente di questo tipo può prevedere due diversi approcci progettuali, un sistema *human centered* che prevede che la tecnologia sia in grado di rispondere alle esigenze dell'utente finale in termini di interazione input/output o *technology centered* che vuole creare un cosiddetto *smart environment*, in cui ogni dispositivo della casa integra uno *smart device* in grado di comunicare con un *server* di stanza, il quale a sua volta è in grado di comunicare con i *server* delle stanze adiacenti in modo da creare un sistema integrato autoconfigurante, ed auto organizzato. Oltre ai componenti di elettronica di consumo possiamo includere nella categoria delle innovazioni che possono portare le LR-WPAN all'interno delle case il controllo dei sistemi HVAC (*Heating, ventilation*

*and air conditioning*), sistemi cioè in grado di regolare la temperatura di ogni stanza sulla base di diversi sensori disposti per esempio in corrispondenza delle finestre per verificare se queste sono aperte o chiuse, in corrispondenza delle superfici vetrate in modo da poter valutare l'effetto della radiazione solare sulla temperatura della stanza. Altre applicazioni che abbiamo già ricordato nei paragrafi introduttivi sono la realizzazione di sistemi di controllo ed antifurto ed il controllo dell'illuminazione.

#### *Tracking e posizionamento indoor*

L'esigenza di utilizzare tecnologie wireless per tali applicazioni è dettata dagli inconvenienti di ingombro, peso, maggiore costo offerto dalle soluzioni cablate e inoltre dall'impossibilità di altri sistemi (come il GPS) di rilevare la posizione di una unità mobile all'interno di un edificio (posizionamento *indoor*).

Tramite la tecnologia *RTLS (Real Time Locating System)* basata sui sensori radio, è possibile infatti individuare, in tempo reale, la posizione di un'unità mobile che si muove in ambienti anche ostili alla ricezione del segnale GPS.

Sostanzialmente una rete WSN (Wireless Sensor Network) è costituita da una "stazione base" (gateway) eventualmente connessa ad altre reti e da un certo numero di sensori wireless (nodi).

I nodi sorgente hanno il compito di acquisire e fornire le informazioni rilevate (fenomeni fisici, potenza del segnale di nodi mobili, etc.), mentre i nodi destinazione o coordinatore (*gateway*) hanno il compito di raccogliere le informazioni rilevate dai nodi sorgente per mandarle ad un server; all'interno del server girerà un'applicazione in grado di elaborare questi dati e ricavarne informazioni spaziali (x, y, z) relative ai nodi mobili.

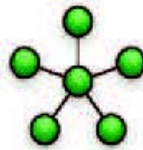
Esistono diverse tipologie di sensori wireless a seconda dell'utilizzo, delle caratteristiche tecniche e soprattutto della frequenza con cui dialogano.

Nell'ambito del posizionamento *indoor* l'industria dell'elettronica offre diverse soluzioni a basso costo operanti sulle frequenze dei 2,4 GHz e con precisioni di posizionamento  $\pm 1,5$  m ed alcune soluzioni, di costo più elevato, operanti nelle frequenze tra i 3 e i 10 GHz che consentono maggiore precisione nel posizionamento ( $\pm 30$  cm.).

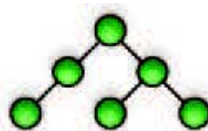
## 5.1 – Topologie delle WSN

La topologia di una rete è una rappresentazione schematica del modello geometrico (grafico) della rete. Le topologie più comuni per una WSN sono le seguenti:

1. **Rete a stella:** In questa topologia di rete c'è un nodo centrale che ha il compito di coordinare gli altri nodi. Il vantaggio principale di questa topologia è la semplicità di progettazione, ma lo svantaggio principale è rappresentato dalla robustezza di tale rete, in quanto esiste un unico punto di *failure*, se il nodo centrale si guasta compromette tutto il sistema.

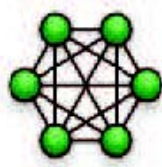


2. **Rete ad albero:** Le reti di questa topologia hanno una struttura gerarchica con più livelli di controllo, questa è un'evoluzione delle reti a stella, in cui non c'è solo un coordinatore centrale, ma una gerarchia di coordinatori.



3. **Rete Peer to Peer:** Le reti *peer to peer* (P2P) sono reti in cui non ci sono distinzioni tra i vari nodi. Tutti i nodi possono svolgere le stesse funzioni sia come nodo sorgente sia come nodo destinazione.

4. **Rete *mesh***: Le reti di tipo *mesh*, hanno la caratteristica che tutti i nodi sono connessi a tutti gli altri nodi, il vantaggio di una tale struttura è ovviamente la robustezza della rete, tutti i nodi sono interconnessi, lo svantaggio è rappresentato dal numero dei collegamenti, e quindi dal costo dei collegamenti.



## 5.2 – Architettura delle WSN

La rete WSN progettata è sostanzialmente composta da sensori – nodo che ricevono un segnale *RSSI* (received signal strength indicator cioè un valore di intensità del segnale radio ricevuto) dal/i sensore/i mobile/i lo elaborano e lo inviano al gateway; questo invia i pacchetti di dati ricevuti da tutti i sensori al server (fig. 18) sul quale è allocata un'applicazione che elabora questi pacchetti di dati *RSSI* e li trasforma in misure di distanza. Successivamente opera una serie di trilaterazioni e, minimizzando gli scarti, ottiene la posizione del sensore mobile ( $\pm 1,5$  m.). Queste informazioni di posizione, verranno inserite in appositi record nel database del server e saranno dunque disponibili alle query eseguite da un'unità remota.

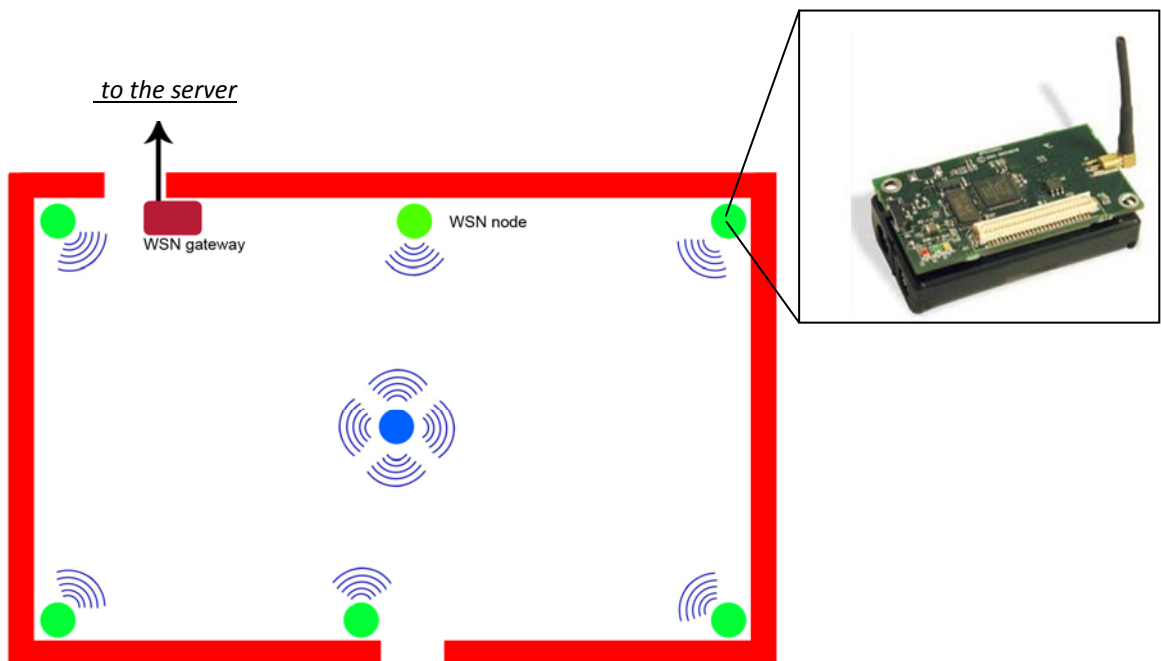


Fig. 18 – Schema ideale di una rete WSN

## 6 - Implementazione di un database per l'architettura

La rilevanza della componente spaziale nelle informazioni sui beni culturali, l'accessibilità della tecnologia GIS, l'interesse che si sta sviluppando nel mondo dei beni culturali per la partecipazione alla pianificazione e alla politica di intervento sul territorio e quindi anche sui beni culturali, la richiesta sempre più forte di divulgare i contenuti delle ricerche sono tutti aspetti che stanno spingendo l'interesse verso l'analisi e la divulgazione di informazioni sui beni culturali.

A parte la "semplice" visualizzazione tridimensionale foto realistica di un oggetto statico o dinamico, i modelli possono essere significativamente arricchiti da metadati semantici, in forma di ulteriori informazioni testuali per le parti selezionate, viste predefinite o altri oggetti 3D che possono essere introdotti e manipolati programmaticamente, anche in risposta a una interazione da parte dell'utente.

Inoltre, le informazioni posizionali dell'utente all'interno di un edificio, così come le caratteristiche geometriche di un'opera architettonica, le sue notizie storiche, le immagini e tutte quelle informazioni che possono "arricchire" la conoscenza di un bene culturale, costituiscono gli elementi essenziali per il database interrogabile del sistema informativo spaziale.

Questo archivio è strutturato in modo tale che le informazioni vengano suddivise per argomenti in ordine logico (tabelle) e poi tali argomenti vengano suddivisi per categorie (campi) in modo da consentire l'accesso e la gestione dei dati stessi (l'inserimento, la ricerca, la cancellazione ed il loro aggiornamento) da parte di particolari applicazioni software *DBMS* ad essi dedicate.

Nel caso di studio è stato strutturato un database in *Access* con le informazioni ritenute idonee a descrivere il modello ed alla applicazione in esame ma integrabile nel tempo, in relazione alle esigenze che andranno maturando, con ulteriori campi. Il database contiene record relativi al codice identificativo della stanza delle carceri dell'Inquisizione che si vuole "interrogare", alla denominazione

della stanza, al piano in cui si trova, alla presenza o meno di graffiti, alle immagini associate, all'identificativo del sensore mobile eventualmente presente, alla posizione X-Y del sensore relativo alla rete in fase di elaborazione ed infine un campo note.

Il linguaggio di programmazione *JavaScript* in ambiente *Adobe Acrobat*, consente di integrare, in un'unica soluzione multimediale, la visualizzazione interattiva del modello tridimensionale texturizzato con le informazioni derivanti dall'interrogazione, attraverso il modello, del database (fig. 19).

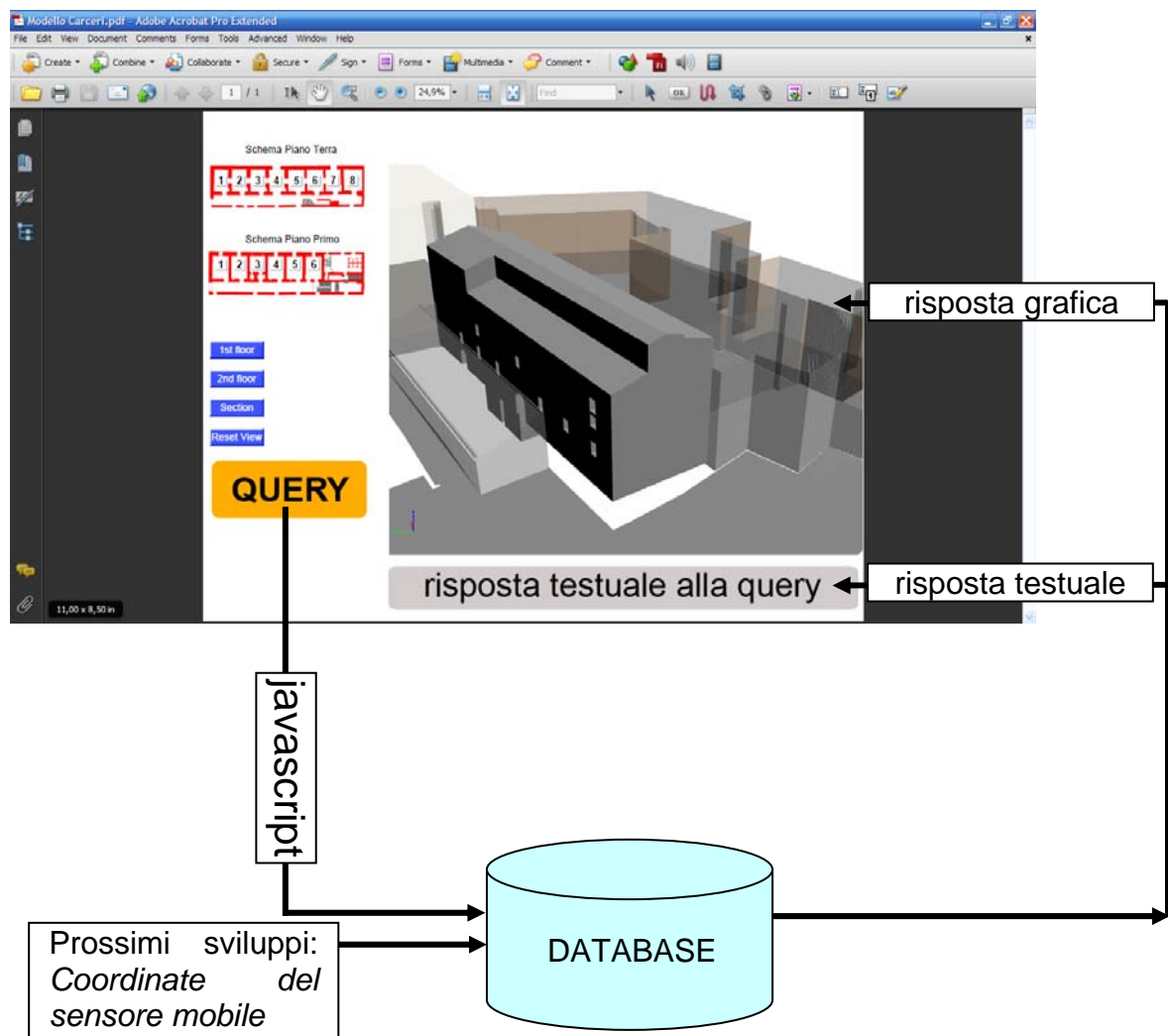


Fig. 19 – Schema di Interrogazione del database



## 6.1 – ADBC (Acrobat DataBase Connectivity)

Il linguaggio *Acrobat JavaScript* consente di interagire con i database tramite una *ODBC (open database connectivity)*. Questo significa che si possono utilizzare oggetti *Acrobat JavaScript* per connettersi a un database, richiamare le tabelle ed eseguire *queries*. L'oggetto modello associato con l'interazione del database è basato su un oggetto *ADBC*, che fornisce un'interfaccia per la connessione ODBC. L'*ADBC* interagisce con altri oggetti per facilitare la connettività al database e di interazione.

Infatti il plug-in *Acrobat Database Connectivity* fornisce alcune proprietà di base JavaScript e metodi per la connessione ai database. Questi, possono essere utilizzati per ottenere informazioni su banche dati disponibili sul sistema. Inoltre, JavaScript può essere utilizzato per eseguire SQL e ricevere dati, che possono, a loro volta, essere utilizzati per arricchire un file PDF. Viceversa, attraverso JavaScript e SQL, i valori dei campi di un modulo PDF possono essere salvati in un database, per aggiornarlo, se necessario.

La struttura informatica del sistema descritto è composta essenzialmente da due file:

- Il file *\*.pdf*, che contiene il modello tridimensionale texturizzato, una console di comandi ed i campi di testo che forniranno le informazioni provenienti dal database;
- Un file database di Microsoft Access del tipo *\*.mdb* strutturato in relazione alle informazioni che dovrà contenere.

Affinché dal file *pdf* si possa, tramite comandi *JavaScript*, interrogare il database, è necessario che quest'ultimo sia giacente sul disco rigido del server e registrato tramite *ODBC Data Source Administrator*.

ODBC Data Source Administrator è un componente di Windows accessibile da *pannello di controllo > strumenti di amministrazione > origine dati (ODBC)* tramite il quale è possibile memorizzare informazioni sul metodo di connessione al provider di dati indicato (fig. 20).

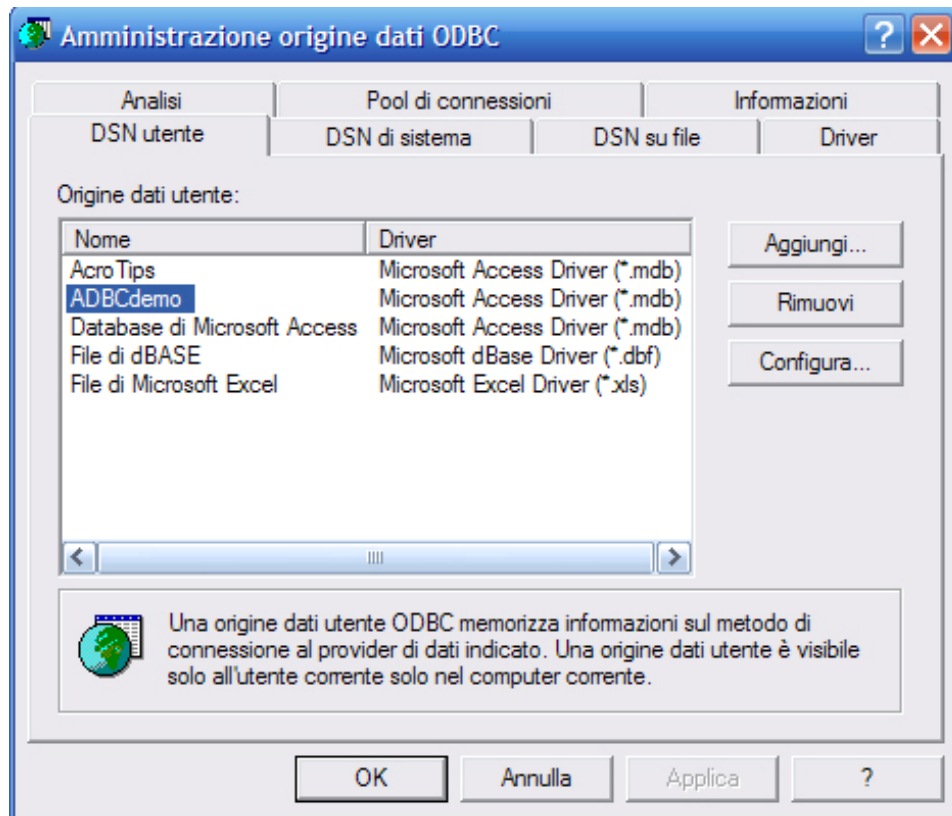


Fig. 20 – Gestione dell'origine dati (ODBC)

### 6.1.1 – Registrazione di una sorgente dati ODBC

Il database realizzato dovrà essere registrato tramite ODBC come origine dati per poter essere accessibile dalla connessione ADBC gestibile attraverso l'interfaccia *pdf*.

Di seguito verrà introdotta la procedura che descrive come registrare un file di Microsoft Access come database. La stessa potrebbe essere leggermente diversa per le altre banche dati.

Tramite gli *strumenti di amministrazione* accedere all'*origine dati ODBC* quindi accedere ad "*DSN utente*" oppure "*DSN di sistema*", dove il primo è visibile e disponibile solo per l'utente connesso al computer mentre il secondo è visibile e disponibile per qualsiasi utente collegato al server.

A questo punto occorre creare una nuova origine dati e, nel caso in esame, è stata creata a partire dai driver di *Microsoft Access (\*.mdb)* (fig. 21).

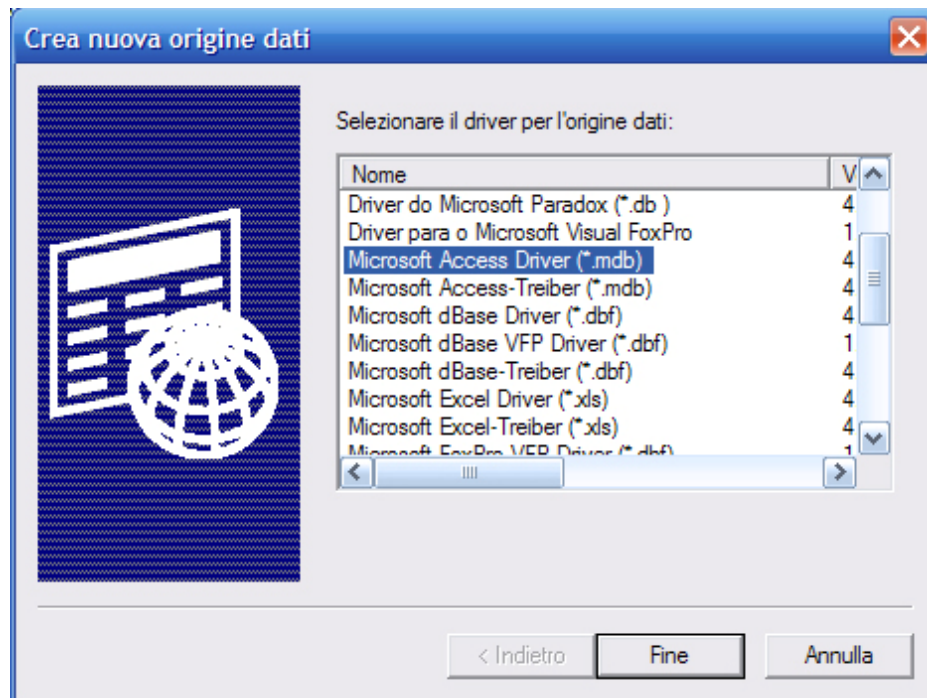


Fig. 21 – Creazione di una nuova origine dati

A questo punto, nella finestra di configurazione del driver ODBC, devono essere compilati i campi relativi a:

- "*Nome origine dati*", che può non essere necessariamente il nome effettivo del database.;
- "*Descrizione*", dove inserire alcune note relative alla fonte dei dati.

Selezionare quindi, dallo spazio "*Database*" > *seleziona* e individuare il database (o fonte di dati) da utilizzare (fig. 22).

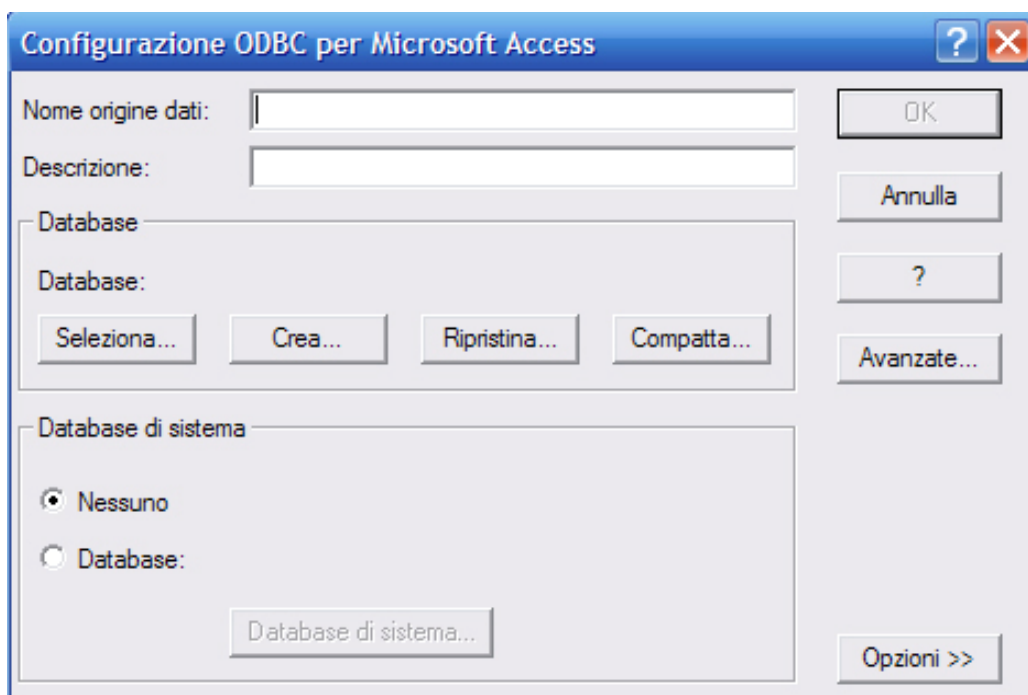


Fig. 22 – Configurazione dell'origine dati per Access

Dopo aver terminato la procedura descritta, il database potrà essere accessibile tramite l'interfaccia di connessione ADBC.

### 6.1.2 – Connessione al database ed esecuzione di SQL

Terminata la procedura di registrazione del driver ODBC, dalla piattaforma multimediale *pdf*, tramite la connessione ADBC sarà possibile richiamare il database ed eseguire delle interrogazioni sul suo contenuto (fig. 23).

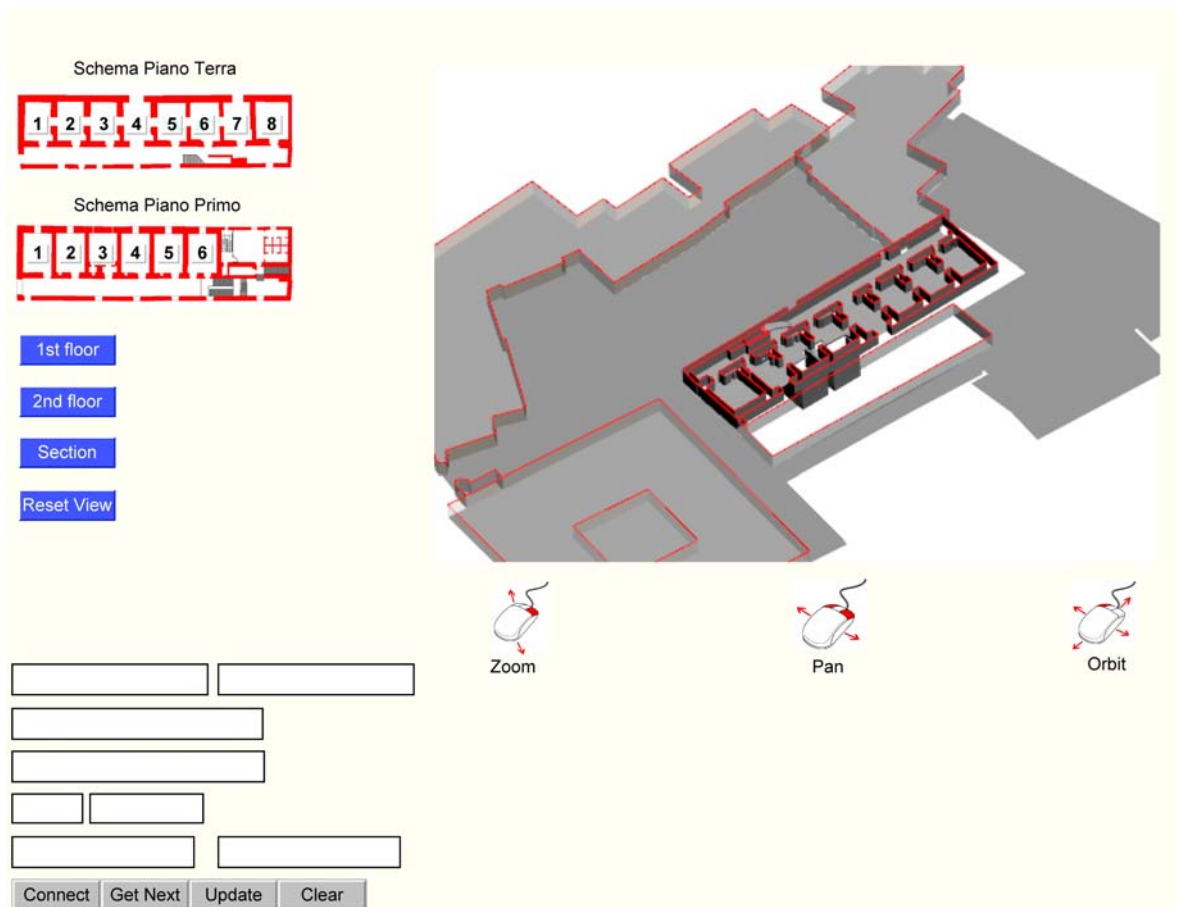


Fig. 23 – Interfaccia della piattaforma multimediale

I riferimenti relativi al metodo per la connessione e le SQL al database vengono di seguito descritti. Il linguaggio di programmazione utilizzato per tali tipi di “comunicazione” è di tipo *JavaScript*

### 6.1.3 – Connessione alla sorgente di dati

Prima di tutto è necessario eseguire una connessione alla sorgente di dati per ottenere una *Connect Object* che, a sua volta, può essere utilizzata per ottenere uno *Statement Object*.

Di seguito il comando in *JavaScript* per richiamare tali informazioni:

```
try {  
    // try to connect to the data source "my Data"  
    connect = ADBC.newConnection("my Data");  
    if (connect == null) throw "Could not connect";  
  
    // get a statement object  
    statement = connect.newStatement();  
    if (statement == null) throw "Could not execute newStatement";  
} catch(e) {  
    app.alert(e);  
}
```

Questo codice presuppone una sorgente di dati fissa chiamata "my Data". In alternativa, lo script può ricavare il nome della sorgente di dati da un campo di testo presente nel form *pdf*.

La sorgente di dati, come quella creata con Microsoft Access, può essere protetta da password e vi si può accedere tramite l'inserimento della stessa da una finestra *popup*.

In alternativa, tornando al "ODBC Data Source Administrator", si può configurare il file di *Microsoft Access* in modo che la password venga inserita automaticamente; sarà sufficiente, nella finestra di dialogo "ODBC Microsoft Access Setup", cliccare su "Avanzate" quindi compilare "Login name" e "Password" nel box "Default Authorization".

#### **6.1.4 – Eseguire un'istruzione SQL**

Un comando SQL viene eseguito attraverso la connessione ADBC usando il "metodo" *execute* dello *statement*.

*object* just acquired:

```
connect = ADBC.newConnection("my Data");
```

```
statement = connect.newStatement();
```

```
statement.execute(SQL) // where SQL is some valid SQL statement
```

Per ottenere dati dal database occorre eseguire una "istruzione SQL" del tipo:

SELECT/FROM.

```
SELECT <list of columns> FROM <table>
```

Per esempio:

```
SELECT "FirstName", "LastName" FROM "my Table"
```

To select all the columns from a table, you the following:

```
SELECT * FROM <table>
```

```
try {
connect = ADBC.newConnection("my Data");
if (connect == null) throw "Could not connect";
statement = connect.newStatement();
if (statement == null) throw "Could not execute newStatement";
// statement.execute returns true if successful
// Note the use of the single quotes and double quotes here,
// double quotes are needed if the name has white space in it.
if(statement.execute( 'Select * from "my Table" ' ))
throw "Could not execute the requested SQL";
} catch(e) {
app.alert(e);
}
```



### **6.1.5 – Recupero di dati e compilazione di un modulo**

Supponiamo adesso di essere collegati alla sorgente di dati e di voler eseguire un

comando *SELECT / FROM* in modo da scegliere i dati che vogliamo esaminare; a questo punto decidiamo di recuperare una riga dei dati che soddisfano i criteri di selezione e di "popolare" un modulo PDF.

Lo script seguente potrebbe essere l'azione al comando "mouse up" associata ad un pulsante (visibile, ma non stampabile) sul modulo:

```
try {
statement.nextRow();
var row = statement.getRow(); // get a row object
this.getField("id").value = row.ID.value;
this.getField("firstname").value = row.FirstName.value;
this.getField("lastname").value = row.LastName.value;
..... more fill in statements .....
this.getField("telephone").value = row.Telephone.value;
this.getField("income").value = row.Income.value;
} catch(e) {
app.alert("No more data.");
```

Se i nomi delle colonne contengono uno spazio bianco, utilizzando la sintassi "row.FirstName.value" non funzionerà, invece occorre utilizzare una notazione tra parentesi del tipo:

```
try {
statement.nextRow();
var row = statement.getRow(); // get a row object
this.getField("id").value = row["ID"].value;
this.getField("firstname").value = row["First Name"].value;
this.getField("lastname").value = row["Last Name"].value;
..... more fill in statements .....
this.getField("telephone").value = row["Telephone"].value;
```

```
this.getField("income").value = row["Income"].value;  
} catch(e) {  
app.alert("No more data.");
```

### **6.1.6 - Aggiornamento del database**

Nel caso in cui fosse necessario aggiornare il database per l'inserimento di nuovi

dati, questi possono essere memorizzati in un database tramite una funzione di tipo *INSERT*, per aggiungere un nuovo record di dati, o da un *UPDATE*, per l'aggiornamento di un record esistente.

Ad esempio, il seguente script rappresenta la funzione "Update" da attribuire ad un pulsante:

```
try {  
  // construct the update string---update all fields  
  var updateStr = "UPDATE ClientData"  
  +" SET FirstName='"+this.getField("firstname").value+"',"  
  +" LastName='"+this.getField("lastname").value+"',"  
  +" Telephone='"+this.getField("telephone").value+"',"  
  +" Income='"+this.getField("income").value  
  +" WHERE ID='"+this.getField("id").value;  
  // for debug, see what we have just constructed  
  // console.println(updateStr);  
  // and execute the update  
  statement.execute(updateStr);  
} catch(e) {}
```

## 6.2 – Interrogazione del database dalla piattaforma PDF3D

Definite tutte le connessioni al database a questo punto la piattaforma multimediale potrà essere fruita dagli utenti attraverso un'unità mobile come un *laptop* o un *PDA*. L'interfaccia user friendly di un file *pdf* consentirà al visitatore del museo (nel caso specifico delle "Carceri dell'Inquisizione"), di poter visualizzare interattivamente il modello tridimensionale fotorealistico del luogo in cui si trova, di poter eseguire delle sezioni di ogni genere, di prendere delle misure, di interrogare le parti "sensibili" del modello e di leggere gli esiti delle interrogazioni negli appositi campi creati sotto la finestra 3D (fig. 24)

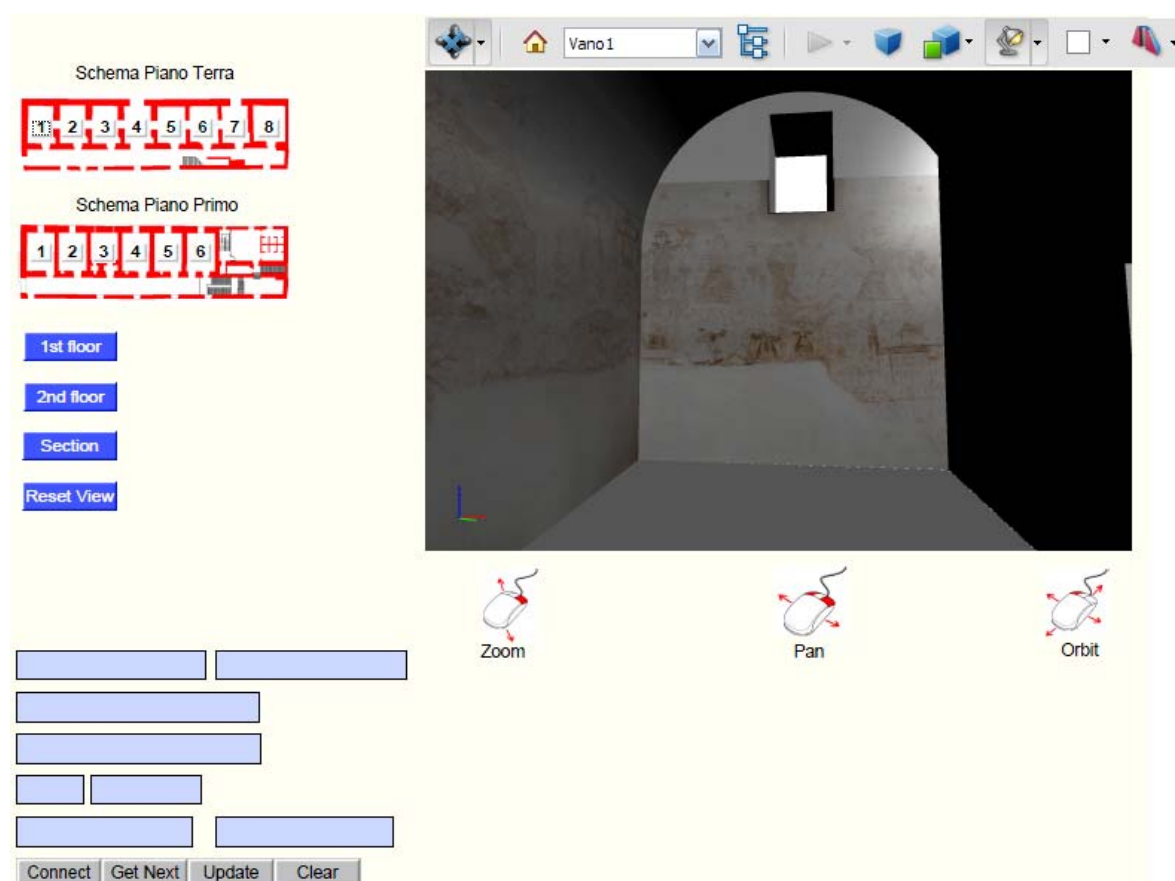


Fig. 24 – *Interfaccia della piattaforma multimediale PDF*

Nel caso in esame, si è ritenuto opportuno, per semplicità di comunicazione, rendere "sensibili" i pulsanti posti nello schema planimetrico dei due livelli delle "Carceri"; cliccando ad esempio sul pulsante "1" dello schema del piano terra, i

campi di testo sottostanti, ci restituiranno delle informazioni derivanti dall'interrogazione appena eseguita al database.

In particolare il database è stato strutturato inserendo informazioni relative alla denominazione della stanza, al piano in cui si trova, alla presenza di graffiti, ad eventuali immagini associate.

## 7 – Conclusioni e sviluppi futuri

Gli studi recenti della geomatica mirano ad una integrazione delle informazioni spaziali per poter ottenere dei modelli tridimensionali foto realistici e metricamente accurati. Tuttavia si ritiene opportuno incrementare con altre informazioni un modello digitale.

A partire dal concetto di sistema informativo, ad oggi ampiamente studiato in ambito cartografico, si è scelto di allargare questi concetti all'ambito architettonico (spaziale). Lo studio presentato vuole infatti indagare le possibilità di integrazione dei modelli tridimensionali con i sistemi informativi.

Ad oggi le ricerche nell'ambito dei sistemi *ADBC* risultano pressoché rivolte alla "semplice" gestione di database relazionali; l'idea di poter integrare a questi dei modelli tridimensionali e gestire il tutto in ambiente *Acrobat*, consente di poter ottenere dei sistemi complessi ma fruibili semplicemente con un file *pdf*, facilmente distribuibile, alla portata di tutti e idoneo soprattutto in ambito museale.

Inoltre gli studi rivolti alla localizzazione *indoor* tramite reti *WSN* implementano questo sistema con la possibilità di ottenere informazioni "mirate" in funzione della posizione in cui ci si trova.

Occorre notare che gli studi sulle *WSN* sono ad oggi in una fase pressoché iniziale e probabilmente quando la tecnologia di maggiore precisione (*UWB*) raggiungerà dei costi significativamente più bassi, si potranno ampliare queste reti con risultati significativi nell'ambito della divulgazione delle informazioni spaziali.

## **Bibliografia**

### **Sullo Steri e le Carceri dell'Inquisizione**

- L. Sciascia, *Morte dell'Inquisitore*, Adelphi, Milano, 1992;
- G. Pitre. L. Sciascia, *Urla senza suono. Graffiti e disegni dei prigionieri dell'Inquisizione*. Sellerio Editore, Palermo, 1999;
- G. Di Vita, *Il palazzo di Chiaramonte e le carceri dell'Inquisizione in Palermo: i graffiti geografici di un prigioniero ai tempi di Giuseppe d'Alesi*, notizie storiche raccolte ed illustrate in occasione del VII congresso geografico italiano che si aduna in Palermo nel maggio 1910, Tip. Boccone del Povero, Palermo 1910;
- F. La Mantia, *Il Palazzo dei Tribunali in Palermo e le sedi delle magistrature*, in «Archivio Storico Siciliano» nuova serie, v. XLV, 1924, pp. 304-363;
- G. Pitre, *Del Sant'Uffizio di Palermo e di un carcere di esso*, Soc. Ed. del libro ital., Roma 1940;
- G. Quatriglio, *Le celle della Steri*, in «Sicilia» n. 42, 1964, pp. 77-83;
- G. Quatriglio, *In tre celle dello Steri la rivolta contro l'Inquisizione*, in «Giornale di Sicilia», 16 ottobre 1964;
- G. Quatriglio, *Sotto la minaccia del piccone le celle dell'Inquisizione*, in «Il Mediterraneo», anno IV, n. 6, 1970, pp. 65-74;
- G. Quatriglio, *La scure dell'Inquisizione. Distrutte nel palazzo dello Steri le celle dell'Inquisizione*, in «Il Mediterraneo», anno VI, n. 9, 1972, pp. 95-100;
- G. Quatriglio in *Tornano alla luce i luoghi di "Morte dell'inquisitore"*, in Kalos, Gruppo editoriale Kalos Palermo, 2003, anno 15, n. 4, pp. 20-23
- F. Spatafora, E. Canzonieri in *Lo Steri. La ricerca archeologica*, in Kalos, Gruppo editoriale Kalos Palermo, 2005, anno 17, n. 4, pp. 11-13
- R. La Duca, *Gli scavi dello Steri. Tornano alla luce testimonianze del Medioevo palermitano*, in «Giornale di Sicilia», Palermo 17 aprile 1973, p.



6.; ried. in R. la Duca, *La città perduta*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1976, v. II, pp. 198-200;

- *Graffiti e disegni dei prigionieri dell'Inquisizione*, con una nota di L. Sciascia, Sellerio, Palermo 1977;
- E. Gabrici, E. Levi, *Lo Steri di Palermo e le sue pitture*, L'Epos editrice, Palermo, 2003;
- G. Spatrisano, *Lo Steri di Palermo e l'architettura siciliana del Trecento*, Flaccovio Editore, Palermo, 1972;
- A. I. Lima, *Lo Steri di Palermo nel secondo novecento. Dagli studi di Giuseppe Spatrisano al progetto di Roberto Calandra con la consulenza di Carlo Scarpa*, Flaccovio Editore, Palermo, 2006;

### **Sul rilevamento**

- M. Docci, D. Maestri, *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*, Laterza, 1994
- F. REMONDINO, S. EL-HAKIM, S. GIRARDI, A. RIZZI, S. BENEDETTI, L. GONZO, 3D Virtual Reconstruction of Complex Architecture, in Atti, 3rd International Workshop 3D-ARCH, TRENTO 2009
- V. BONORA, A. SPANO', G. TUCCI, Integrated survey methods to obtain interpretative models aimed at cultural heritage conservation, INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 2003, Vol. ISPRS Archives vol. 30, ISSN: 0256-1840
- G. BITELLI, Moderne tecniche e strumenti per il rilievo dei beni culturali, in Atti della 6a Conferenza Nazionale ASITA Vol.I, PERUGIA 2002

### **Sui sistemi informativi**

- Oreste Signore, «Verso l'interoperabilità semantica» in *Manuale per la qualità dei siti Web culturali pubblici*, Roma, Minerva europea, 2005, 195-204.
- Paolo Atzeni e altri, *Basi di dati. Modelli e linguaggi di interrogazione*, Milano, McGraw-Hill, 2002.

- Franco Vico, «Costruire il GIS: dati versus processi», in Guido Gastaldo, Matteo Panzeri (a cura di), *Sistemi Informativi Geografici e Beni Culturali*, Torino, Celid, 2000.
- ARDISSONE P., RINAUDO F., , *A GIS for the management of historical and archaeological data*, Proceedings of CIPA XX International Symposium, Torino, 2005.
- SPANO', C. FIERRO, *Usa di contenuti 3D per la documentazione dei beni architettonici nei SIT*, in Atti del II Convegno eArcom, , Alinea Editrice, FIRENZE 2007
- D. COPPO, P. PIUMATTI, *Documentare il passato per gestire il futuro: un sistema informativo degli strumenti di gestione e rappresentazione della città*, in Atti del II Convegno eArcom, Alinea Editrice, FIRENZE 2007
- P. ARDISSONE, *Sistemi Informativi Spaziali per i beni culturali ambientali*, Tesi di Dottorato, POLITECNICO DI TORINO, TORINO 2006
- SPANO', R. BONINO, A. MASSA, B. ASTORI, *Rappresentazione e organizzazione in Sistemi Informativi dei dati di rilievo architettonico*, in Il teatro di Hierapolis di Frigia, VOL I PARTE II, G. CIOTTA A CURA DI, De Ferrari (ITA), pp. 318-367, 2004
- P. ATZENI, *Basi di dati. Modelli e linguaggi di interrogazione*, McGraw-Hill, MILANO 2002

## **Sitografia**

- <http://www.opengeospatial.org> - Ultimo accesso: 20/11/2009
- CISIS, *Intesa Stato Regioni Enti Locali - Sistemi Informativi territoriali - Specifiche per la realizzazione dei data base topografici di interesse generale - Specifiche di contenuto: gli strati, i temi, le classi*, aprile 2004, <http://www.centrointerregionale-gis.it> - Ultimo accesso: 30/11/2009
- REGIONE PIEMONTE, *Piano di e-governmenti piemontese - Linee guida*, TORINO, aprile 2001, <http://www.ruparpiemonte.it> - Ultimo accesso: 5/11/2009