

GIS PER LA GEOREFERENZIAZIONE E CATALOGAZIONE DEI BENI ARCHEOLOGICI E A PAESAGGISTICI DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

R. Cantoni^a, B. Repezza^b, G. Stefini^a, G. Vassena^c, P. Visentini^d

^a Consorzio per l'Innovazione Tecnologica InnTec, 25123 Brescia, Italy - (cantoni-stefini@topotek.it)

^b Soprintendenza per i Beni Architettonici ed il Paesaggio e per il Patrimonio Storico, Artistico ed Etnoantropologico del Friuli Venezia Giulia, 33100 Udine, Italy - brurep@libero.it

^c Università degli studi di Brescia, Dipartimento di Ingegneria Civile, 25123 Brescia, Italy - vassena@ing.unibs.it

^d Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia, 33100 Udine, Italy - paolavisentini@yahoo.it

KEY WORDS: GIS, schede di catalogo, database, georeferenziazione

RIASSUNTO

Nell'ambito di una convenzione stipulata tra il Consorzio di Innovazione Tecnologica InnTec e Soprintendenza per i Beni Architettonici ed il Paesaggio e per il Patrimonio Storico, Artistico ed Etnoantropologico del Friuli Venezia Giulia e Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia, si sono affrontate le problematiche della georeferenziazione di alcune tipologie di schede di catalogo previste dall'ICCD. In particolare si è cercato di implementare una procedura, che sarà gestita in parte da personale interno ed in parte da collaboratori esterni alle due soprintendenze, in grado di gestire la fase di *data entry* delle informazioni contenute nelle schede di catalogo, collegate alla componente spaziale identificata. È stato quindi realizzato un applicativo *desktop* che permette, attraverso operazioni estremamente semplici ed intuitive, la compilazione delle singole schede e la relativa associazione alla componente spaziale, identificata attraverso strumenti di disegno che operano su supporti cartografici. Tali informazioni vengono poi conferite ad un'unità centrale, dove un applicativo server provvede ad integrarle con quelle già presenti nella banca dati principale e a renderle accessibili tramite lo strumento "ArcView" di Esri. Attualmente questa procedura operativa è in fase di test/collaudato presso le soprintendenze precedentemente menzionate.

ABSTRACT

Inside the agreement between Inn.Tec. and the "Soprintendenza per i Beni Architettonici ed il Paesaggio e per il Patrimonio Storico, Artistico ed etnoantropologico del Friuli Venezia Giulia e Soprintendenza per i beni Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia", the main problem deals with the georeferencing procedure of the elements of the cultural heritage. We implemented a procedure that simplify the georeferencing methodology and data entry operation, and for this reason will be managed both directly inside the Soprintendenze and from external collaborators of the two Soprintendenze. The data structure follows the Central Institute for the Catalog and Documentation standards.

A desktop application that allows the compilation of standard forms and the relative connection to the spatial component have been realized. The spatial component is identified through tools of sketch that operate using cartographic supports. All these tools are very easy to use also from people that has not a deep knowledge in informatics and mainly in GIS systems.

The collected information (spatial and data) are sent to a central unit, where an application server provides to integrate them inside the geographical information system build using ArcGis Esri software.

1. INTRODUZIONE

La crescente diffusione dei sistemi informativi territoriali nella Pubblica Amministrazione evidenzia le potenzialità e l'efficacia di questa metodologia di approccio alla gestione di banche dati territoriali. Un'ampia letteratura specialistica è oramai sostanzialmente concorde nell'attribuire ai GIS le funzioni classiche dei database alfanumerici (memorizzazione o archiviazione sistematica, elaborazione ed analisi, recupero e comunicazione dei dati) riferite specificatamente a informazioni "geograficamente" o "spazialmente" localizzate, per le quali la rappresentazione cartografica costituisce un imprescindibile canale di indagine.

Rientrano certamente in questa casistica le informazioni riportate nelle schede di catalogo, realizzate dall'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, la cui compilazione è curata dalle soprintendenze di settore. Queste infatti risultano legate ad una ben precisa componente geografica, rappresentabile su molteplici supporti cartografici. Il GIS quindi, al di là degli aspetti connessi alla ricerca scientifica, si presenta quale necessario complemento alla realizzazione di un programma organico di catalogazione, che sia innanzi tutto pienamente funzionale nel consentire alle soprintendenze di esercitare con immediatezza i propri compiti istituzionali di tutela, valorizzazione e conservazione del patrimonio culturale.

In base a queste considerazioni, il presente lavoro ha affrontato le problematiche connesse all'informatizzazione delle schede di catalogo e alla loro relativa georeferenziazione, iniziando tale processo dalle schede di sito archeologico (SI).

2. CREAZIONE DEL DATABASE

Al fine di gestire le informazioni alfanumeriche della scheda di catalogazione riferita ai siti archeologici, è stato predisposto un database chiamato “archo”, implementato su piattaforma MySql. Le specifiche che hanno guidato le scelte adottate nel corso di questa fase di lavoro sono da ricercare nella necessità di aderire strettamente alle specifiche di catalogazione, dettagliate nelle normative dell’ICCD, e nella volontà di creare una banca dati trasparente ai molteplici applicativi e formati di dati oggi diffusi. Vengono di seguito riportati alcuni dei criteri adottati nel corso delle operazioni di implementazione del database.

La scelta degli strumenti informatici è ricaduta su MySql e PhpMyAdmin . Si possono identificare tre gruppi di tabelle legati ad altrettante tipologie di informazioni. Queste sono rappresentate da tabelle amministrative (configurazione, operatori), tabelle dizionario (comuni, province...) e da quelle contenenti i campi della scheda di catalogazione (si_cd..).

La nomenclatura delle tabelle ha assunto un significato particolare dal momento che il database “archo” ne è composto da circa un centinaio; in particolare la tipologia adottata tende a mettere in evidenza il contenuto di ciascuna tabella riportando: nome della scheda (SI), nome del paragrafo ed eventualmente il nome del campo che si ripete. Questo genere di codifica permette di percepire in maniera rapida ed intuitiva l’articolazione di database anche molto complessi come “archo”.

È stata inoltre implementata una tabella di gestione degli operatori per limitare l’accesso alle informazioni esclusivamente a personale registrato, nonché associare i dati raccolti nel corso delle operazioni di georeferenziazione ai singoli operatori.

L’elevato numero di tabelle ha origine dalla necessità di gestire le ripetizioni di paragrafi, sottoparagrafi e campi che caratterizzano la scheda SI. Tali ripetizioni si manifestano potenzialmente come delle scatole cinesi, che una posta all’interno dell’altra portano ad una moltiplicazione delle tabelle richieste per la loro gestione.

Si è fatto infine largo uso, laddove è stato possibile, delle cosiddette tabelle dizionario. Queste riportano un elenco di informazioni proposte all’operatore nella fase di inserimento, suggerendo i possibili valori del campo. Si riporta di seguito l’elenco di queste tabelle:

- accesso (campo ADSP)
- comuni (campo PVCC)
- diocesi (campo PVE)
- enti (campo ECP)
- genere (campo ###X)
- metodo_georef (campo GPM-GLM-GAM)
- proprietà (campo CDGG)
- province (campo PVCP)
- regioni (campo PVCR)
- relazioni (campo RSER)
- tecnica_georef (campo GPT-GLT-GAT)
- tipo_localiz (campo TCL)
- tipo_scheda (campo TSK)

Si noti che sono stati inseriti tutti i campi previsti dalla scheda di catalogazione SI definita dall’ICCD. In particolare sono stati rispettati i nomi, identificandone i campi delle tabelle, i formati dei dati e le possibili ripetizioni, attenendosi scrupolosamente alle normative di compilazione rilasciate dall’Istituto stesso.

Come anticipato precedentemente, particolare rilievo è stato dato alla possibilità di esportare i dati in formati liberi da licenze e accessibili dalle più diffuse applicazioni Open-Source e commerciali: in particolare è possibile estrarre l’intero database o una parte delle informazioni nei formati CSV, XML, SQL e TXT.

Sulla base dei canali di comunicazione già attivi presso la sede di Udine delle Soprintendenze di settore del FVG (rete intranet), è stato implementato un sistema di interfaccia che consente di accedere da altre postazioni alle informazioni inserite nella banca dati così strutturata, previa configurazione della connessione al server.

Sul server messo a disposizione dalle Soprintendenze sono stati installati e opportunamente configurati strumenti *open-source* di amministrazione del database, per i quali è stato creato un utente con privilegi di amministratore. Tutto ciò è stato condotto rispettando criteri di sicurezza e predisponendo meccanismi di *back up* in grado di garantire la possibilità periodica di manutenzione e ottimizzazione del sistema. L’accesso alla modalità di amministrazione del database è gestito attraverso l’uso di *Password* e *Username* così da limitarne la modifica solo da parte di personale autorizzato.

3. CREAZIONE DEL PROGETTO “GEOARC” IN AMBIENTE ARCVIEW

Al fine di gestire l’interazione tra le informazioni alfanumeriche conservate all’interno di *database* e la componente spaziale raccolta nel corso delle operazioni di georeferenziazione, è stato creato un progetto *ad hoc* all’interno dell’applicativo Arcview di Esri. Tale software è stato installato sul secondo server a disposizione delle Soprintendenze di settore, presso la sede di Udine.

I passi in cui si è articolata la creazione del summenzionato progetto sono di seguito riportati.

3.1 Definizione del sistema di riferimento

È di fondamentale importanza definire un sistema di riferimento per il progetto, poiché da questo dipende l'affidabilità in termini spaziali dell'intero strumento di studio. Un'errata valutazione durante questa fase, pregiudicherebbe la qualità delle analisi condotte sui diversi supporti cartografici inseriti come strati informativi, portando a valutazioni infondate da un punto di vista spaziale. Inoltre la corretta identificazione e associazione del sistema di riferimento rappresenta un imprescindibile informazione richiesta per lo scambio e l'integrazione di dati con altri istituti, enti od organizzazioni. Per questo motivo, le informazioni del sistema di riferimento adottato, sono state associate a tutte le informazioni gestite all'interno del progetto creato nel corso di questo lavoro.

Proiezione cartografica:	Gauss - Boaga
Falso Est:	2.519.934 m
Falso Nord:	-170 m
Meridiano centrale:	15
Fattore di scala:	0,9996
Latitudine dell'origine:	0,0000
Datum:	Ellissoide di Hayford orientato a Monte Mario

Tabella 1: parametri del sistema di riferimento adottato

La bontà del sistema di riferimento cartografico adottato è stata verificata attraverso il controllo di 5 punti (distribuiti sul territorio regionale) a coordinate note riportate su monografie dell'Istituto Geografico Militare.

3.2 Elaborazione ed inserimento degli strati informativi

Tutto il materiale cartografico, nelle due tipologie raster e vettoriale, inserito all'interno del progetto in *Arcview*, è stato messo a disposizione dalle Soprintendenze. Di seguito vengono descritte le fasi di lavoro che hanno riguardato l'utilizzo di questi supporti informativi.

- ✓ Informazioni vettoriali di province e comuni.
Queste informazioni sono state fornite dalle Soprintendenze di settore in formato vettoriale, in particolare nel formato *shapefile*. I due supporti sono risultati corrotti, a causa dell'impossibilità di evidenziare come etichetta il corrispondente campo nome all'interno della tabella degli attributi. È stato quindi necessario procedere ad una loro esportazione in formato *dxf* e successivamente ad una loro elaborazione per riassociare correttamente i rispettivi nomi comuni e nomi province.
- ✓ Cartografia tecnica regionale della regione Friuli Venezia Giulia alla scala 1:5000.
Per questa rappresentazione del territorio, i dati iniziali messi a disposizione dalle Soprintendenze di settore si componevano di file DAT forniti su convenzione dalla Regione FVG. A partire da questi, è stato necessario procedere ad una "vestizione" della cartografia, attraverso l'apposito software scaricato dal sito della Regione FVG. I circa 1000 file *.dxf* così ottenuti sono stati convertiti in formato *geotiff*, quindi raster. La motivazione è da ricercarsi nell'estrema difficoltà di gestire tutto il territorio regionale con informazioni vettoriali così dettagliate. Al fine di ottimizzare ulteriormente la fruibilità dello strumento di navigazione e consultazione, la cartografia è stata tradotta in un formato compresso *.ecw* del tutto compatibile con l'ambiente di lavoro *Arcview*. Questo permette di accrescere in maniera esponenziale la velocità di tutte le operazioni che coinvolgono la visualizzazione della cartografia, permettendo di gestire in maniera simultanea tutti i fogli che coprono l'intero territorio regionale. La compressione appena descritta ha prodotto un supporto *raster* nei due colori bianco e nero. Per consentire una percezione agevole ed immediata del territorio, sono stati riportati in formato vettoriale le informazioni presenti nei file DAT riferite ai poligoni, che rappresentano con maggior efficacia lo sviluppo dei centri urbani e l'identificazione di aree definite genericamente (cave, laghi..). Queste informazioni sono poi state distinte in due diversi supporti e importati nel progetto. Il primo chiamato edifici, identifica lo sviluppo planimetrico degli edifici, mentre il secondo chiamato poligoni definisce delle aree generiche. Il formato di queste informazioni è rappresentato dallo standard degli *shapefile* interfacciabili con qualsiasi *software* GIS.
- ✓ Digital Terrain Model (DTM).

Al fine di percepire con una maggior chiarezza la morfologia del territorio regionale è stato inserito nel contesto del progetto, come ulteriore strato informativo, il modello digitale del terreno. Questo tipo di descrizione del territorio risulta molto utile in una rappresentazione su piccola scala, dove perdono di significato le cartografie di dettaglio. Per la produzione di questo supporto, si è partiti dai file ASCII di estensione .asc riportanti i dati numerici delle matrici da trattare con opportuni software di visualizzazione. Attraverso questi strumenti è stata studiata la resa grafica della rappresentazione pseudo 3D da dare all'intero territorio regionale, così da mettere in evidenza l'articolata morfologia che lo caratterizza.

- ✓ Ortofoto dell'intero territorio regionale.
Le Soprintendenze di settore hanno, inoltre, fornito le ortofotocarte dell'intero territorio regionale, con una definizione pari a 1 pixel = 0,50 metri. Le informazioni presenti in questo supporto sono evidentemente antagoniste di quelle espresse dalla carta CTRN della regione FVG, in quanto entrambe rappresentano il territorio ad scala molto prossima. Le immagini sono state importate nel formato di compressione ecw citato sopra.
- ✓ Layer delle georeferenziazioni dei siti archeologici.
Per gestire la georeferenziazione dei siti archeologici ed in particolare le rispettive schede di catalogazione, è stato necessario procedere alla creazione di tre nuovi *shapefile* cui associare gli elementi geometrici rappresentativi dei siti. Si è trattato quindi di generare uno *shapefile* chiamato SI_punti.shp (.shx, .dbf) per la rappresentazione di siti georiferibili attraverso elementi puntuali, SI_linee.shp (.shx, .dbf) per la rappresentazione di siti georiferibili attraverso elementi lineari e SI_poligoni.shp (.shx, .dbf) per la rappresentazione di siti georiferibili attraverso elementi poligonal. Anche in questo caso la nomenclatura risponde a precise necessità di esprimere in maniera chiara e univoca il significato dell'elemento; SI deriva dal nome della scheda sito, mentre la parte di nome successiva esprime il tipo di *feature* rappresentata (punto, linea, poligono). Per permettere il collegamento univoco tra elemento geometrico, definito dagli *shapefile*, e le informazioni inserite nel database Mysql, è stato necessario fissare nel file .dbf associato, tre campi nei quali sono inseriti in maniera automatica i valori dei codici NCTR NCTN e NCTS che identificano univocamente ogni scheda di catalogazione. Ciò permette di realizzare uno stretto legame tra informazione alfanumerica (database) e spaziale (elemento geometrico), consentendo interrogazioni che procedono da una tipologia ad un'altra indistintamente. Questo sistema di lavoro salvaguarda l'integrità dei dati, che potrebbe essere messa a rischio nel caso si utilizzasse come chiave di connessione tra le due informazioni dei codici di altra natura (ID autoincrementali).
- ✓ Tavole con la rappresentazione delle zone sottoposte a vincolo paesaggistico.
A partire da 6 supporti cartacei in formato A0 forniti dalla soprintendenza, sono state inserite nel contesto della rappresentazione grafica offerta dal progetto del territorio regionale, le zone sottoposte a vincolo paesaggistico, quale necessario strumento conoscitivo nello studio della pianificazione territoriale.
La prima operazione richiesta per la loro integrazione all'interno del progetto implementato in *Arcview*, è stata la scansione delle tavole al fine di ottenere immagini digitali con caratteristiche di risoluzione e formato ben precise. In particolare si è deciso di ottenere immagini in formato tiff non compresso alla risoluzione di 300 dpi, naturalmente a colori. La necessità di immagini ad elevata risoluzione ed in formato non compresso, deriva dall'esigenza di operare nel corso delle fasi di georeferenziazione con immagini che consentano di apprezzare particolari in maniera nitida e precisa, così da ridurre al minimo le imprecisioni nella scelta dei punti omologhi. Questa operazione ha portato alla produzione di 6 immagini digitali della dimensione ciascuna di circa 500 MB. Tali immagini sono state salvate su supporto digitale (CD) e consegnate a personale della soprintendenza, in quanto possono risultare utili come materiale di studio in altri ambiti di ricerca.
Per poter utilizzare le immagini nel contesto di una rappresentazione geografica definita in termini metrici, è necessario procedere ad un'operazione di georeferenziazione che richiede un'attenta e competente opera da parte di personale qualificato. In questo caso, in mancanza di un reticolo geografico, è stato necessario identificare punti omologhi facilmente ed univocamente identificabili sulle carte dei vincoli paesaggistici e sulla cartografia in scala 1:5000. In particolare, per ognuna delle 6 carte sono stati utilizzati tra i 13 e i 16 punti di riferimento, ottenendo scarti residui intorno ai 10 metri, perfettamente compatibili con la scala di rappresentazione della carta pari a 1:50.000.
Una volta ultimata con successo la fase di georeferenziazione, si è pensato ragionevole procedere ad una mosaicatura delle 6 carte, componendo in un'unica immagine la rappresentazione delle zone della regione FVG sottoposte a vincolo paesaggistico. Ciò oltre a rendere più agevole la loro consultazione, permette una visione più organica della mappatura dei vincoli e risulta più coerente con il concetto di strati informativi che sta alla base del concetto di GIS.
Operazioni di fotoritocco hanno coinvolto i valori radiometrici di alcune delle 6 immagini per consentire di non percepire lo stacco tra un'immagine e quella adiacente, così da migliorare ulteriormente la percezione univoca del supporto cartografico-informativo.
Date le dimensioni dei file immagine, si è reso necessario procedere ad una compressione nel formato ecw, per il quale è stato applicato un rapporto 1 a 10. Tale formato permette di ottimizzare le fasi di consultazione e navigazione della cartografia senza perdere nulla in termini di qualità rappresentativa.

3.3 Studio della modalità di visualizzazione degli strati informativi

Per garantire la corretta e ordinata consultazione delle informazioni, uno studio sui criteri che guidano le scelte di visualizzazione dei diversi supporti informativi all'interno dello strumento GIS si configura come necessario se non addirittura indispensabile. Non è da trascurare inoltre la necessità di garantire buone velocità di interazione con la consultazione dello strumento senza dover far fronte a lunghe attese per la rigenerazione della cartografia vettoriale o numerica.

A questo fine è stata condotta un'attenta analisi dei supporti e della loro natura, in termini di formati e di scale di rappresentazione. Si sono quindi prese opportune decisioni nella definizione di scale di zoom all'interno delle quali mostrare o nascondere alcune informazioni.

Analoghe considerazioni sono riferite alle etichette di ciascun livello informativo, visualizzato nel progetto. Per esempio i nomi di province e comuni sono riportati solo entro opportune scale di visualizzazione ed evidenziati attraverso colorazioni, che ne permettono la lettura anche sullo sfondo di immagini articolate da un punto di vista radiometrico come le ortofoto.

Di seguito vengono elencate queste scelte, indicando il nome del supporto e il relativo *range* di zoom all'interno del quale è attivato o disattivato.

Livello informativo	Scala minima	Scala massima
Modello Digitale del Terreno	Dalla vista generale	1:10.000
Confini provinciali	Dalla vista generale	
Etichetta con i nomi delle province	Dalla vista generale	1:50000
Confini comunali	Dalla vista generale	
Etichetta con i nomi dei comuni	1:50000	
Edifici della CTRN 1:5000	1:5000	
Poligoni della CTRN 1:5000	1:5000	
Carta CTRN 1:5000 raster in ecw	1:5000	
Ortofoto a colori 1pix = 0,5metri	1:10000	

Sempre nell'ambito di uno studio finalizzato ad ottimizzare la fase di visualizzazione del progetto, sono stati adottati opportuni spessori e colori per la rappresentazione dei diversi tematismi. Questo tipo di scelte non sono affatto secondarie in quanto permettono di differenziare le informazioni strutturate all'interno del progetto. Basti pensare alla scelta delle dimensioni e al tipo di caratteri da adottare per la visualizzazione dei nomi dei comuni. Questi devono essere di dimensioni tali da consentirne un'agevole lettura ma nel contempo, data la loro densità, è necessario provvedere a che non si verifichi una sovrapposizione tra nomi di comuni limitrofi anche a differenti livelli di zoom. L'adozione del colore bianco per questi nomi e per i nomi delle province, risponde all'esigenza di farli spiccare da un contesto colorato, in particolare legato alla rappresentazione del territorio data dal DTM e dalle ortofoto.

4. CREAZIONE DELL'APPLICATIVO SERVER

L'accesso al progetto implementato sulla piattaforma *Arcview* è regolato da una password di attivazione. Non è possibile accedere in altro modo al progetto. Il sistema adottato è in grado di identificare l'utente attivando un accesso strutturato su due livelli di interazione.

Il primo, definito per utenti utilizzatori standard, consente un accesso in sola fase di consultazione a tutte le banche dati attivate all'interno del progetto, può quindi procedere all'esecuzione di analisi spaziali e interrogazioni ai database attraverso tutti gli strumenti messi a disposizione dall'applicativo *Arcview*. Non è possibile modificare i dati attraverso questo tipo di identificazione. L'integrità dei dati consultati nel corso dell'apertura del progetto è garantita da una gestione dei file in sola lettura. All'utente che si identifica in qualità di amministratore, attraverso l'inserimento di una corrispondente password di accesso, vengono attivate una serie di funzionalità aggiuntive essenziali per gestire le fasi di aggiornamento del sistema. In particolare viene resa operativa una barra di menu chiamata *GeoArc* che mette a disposizione i sottoelencati strumenti.

a) Un tool per la creazione del pacchetto dati da fornire all'operatore, il quale provvederà, con l'ausilio dell'applicativo informatico *GeoArc*, ad eseguire le georeferenziazioni dei siti archeologici. L'attivazione di questo strumento fa sì che il puntatore del mouse assuma la forma di una croce, predisponendo in maniera agevole la selezione dell'area su cui andrà ad operare il personale incaricato. Avvenuta la selezione, il sistema calcolerà le dimensioni del progetto una volta installato sul PC dell'operatore, in funzione delle quali l'amministratore potrà decidere se completare o annullare l'operazione. Questo permetterà di valutare le superfici dell'area di studio, assecondando anche le esigenze di operatori dotati di computer di fascia economica. Nel pacchetto compresso così generato si trovano file di sistema, il database generato in formato *access*, su cui sono stati trasferiti i dati presenti nel database del server centrale, gli *shapefile* di edifici e poligoni della carta 1:5000, l'elenco delle carte CTRN in scala 1:5000 che coprono l'area selezionata e i confini di comuni e province.

b) Uno strumento che gestisce la fase di importazione dei singoli progetti di georeferenziazione portati a termine dagli operatori incaricati. La procedura di importazione ha come esito l'integrazione delle informazioni del progetto acquisito con le informazioni

già presenti nel server centrale sottoforma di *feature* spaziali dentro gli *shapefile* e di *record* dentro le tabelle della banca dati implementata sulla piattaforma MySQL. Ovviamente questo si realizza dopo opportune verifiche sulla completezza delle informazioni così da non compromettere l'integrità dell'intero sistema informativo. Un opportuno log file evidenzia eventuali problemi riscontrati nel corso della fase di importazione.

c) Uno strumento per la gestione degli operatori. Attraverso un'interfaccia grafica semplice ed intuitiva l'amministratore può inserire nuovi operatori o modificare e cancellare quelli esistenti. Il sistema, nel caso di cancellazione, verifica preventivamente che non sia associata all'operatore nessuna georeferenziazione all'interno del database MySQL, in caso contrario impedisce il proseguimento dell'operazione visualizzando un messaggio di allerta. Gli operatori sono distinti in *user* e amministratori, in quanto solo a questi ultimi spetta l'abilitazione alle operazioni di cancellazione e modifica di georeferenziazioni precedentemente acquisite.

d) Una maschera per l'inserimento dei parametri di connessione al database MySQL. Questa interfaccia permette di modificare i parametri che consentono al sistema informatico implementato nel progetto di dialogare con la banca dati strutturata sulla piattaforma MySQL.

e) L'impostazione delle *directory* di sistema. Anche questa interfaccia, come la precedente, ha come obiettivo quello di realizzare la fruibilità dello strumento, in quanto permette di configurare le cartelle dalle quali il sistema informatico recupera le informazioni e gestisce le fasi di *input* e *output* dei dati dei progetti dei singoli operatori delle georeferenziazioni.

f) Per permettere una più agevole consultazione del progetto da parte di un'utenza priva degli strumenti conoscitivi richiesti per l'interazione con un complessa piattaforma GIS, è stato previsto un pulsante che permette di *passare* da una visualizzazione *light*, che offre solo gli strumenti di navigazione e visualizzazione dei supporti informativi, ad una *advanced* dove sono presenti l'elenco dei tematismi e altri strumenti di studio e interrogazione del progetto. Questo pulsante è l'unico che rimane attivo anche nel caso di accesso di un utente non amministratore.

g) Un tasto con la funzione di attivare e disattivare in sequenza la visualizzazione della cartografia CTRN alla scala 1:5000 e dei tematismi legati alla rappresentazione di edifici e poligoni. Come già anticipato, tali informazioni risultano essere visibili ad una stessa scala di zoom delle ortofoto, per cui risulta utile poter passare da un'informazione all'altra attraverso un semplice pulsante. Nel caso in cui si cerchi di attivare una scala inferiore a quella limite, fissata a 1:5000, il tentativo viene bloccato e visualizzato un messaggio di errore.

h) Uno strumento di interrogazione spaziale che consente di accedere alle informazioni conservate nel database MySQL e associate a ciascuna georeferenziazione. Nel momento in cui viene selezionata una singola geometria, che descrive la morfologia planimetrica di un'evidenza archeologica, compare la corrispondente maschera che permette la consultazione delle informazioni alfanumeriche riferite alla scheda di catalogazione.

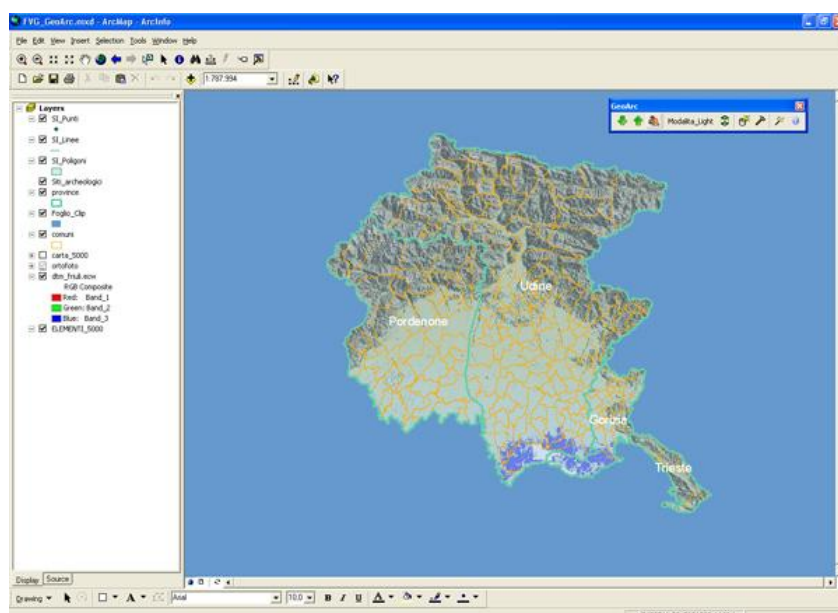


Figura 1: *snapshot* del progetto creato nell'ambiente di lavoro ArcGis

5. CREAZIONE DELL'APPLICATIVO DESKTOP

La necessità da parte degli operatori di dover lavorare in condizioni che non permettono la costante connessione al database centrale ha portato alla creazione di un applicativo informatico desktop, installabile su qualsiasi PC, studiato *ad hoc*, per permettere l'inserimento dei dati necessari alla descrizione dell'evidenza archeologica ed eseguire la relativa georeferenziazione,, attraverso semplici ed intuitive procedure.

In particolare lo strumento informatico si caratterizza per le seguenti componenti:

a) Sezione di identificazione.

Un'importante informazione da associare alle schede inserite nel contesto delle operazioni di georeferenziazione è senz'altro l'identificazione dell'operatore che ha eseguito la fase di inserimento dei dati. Per questo, l'accesso alle fase operativa dello strumento è possibile solo dopo aver effettuato una corretta identificazione. Successivamente è possibile caricare uno dei progetti acquisiti sul proprio computer a partire dai pacchetti di dati conferiti dal server centrale. Nel corso del primo caricamento l'applicativo chiede l'acquisizione individuale dei supporti, raster e vettoriali associati al progetto.

b) Sezione relativa agli strumenti di navigazione dei supporti cartografici.

Questi strumenti si caratterizzano per un'estrema facilità di utilizzo. Attraverso icone molto intuitive è possibile accedere a funzioni di zoom, che permettono molto rapidamente di visualizzare con la voluta scala di rappresentazione, riportata nella barra in basso nella schermata, le informazioni cartografiche.

c) Sezione per l'identificazione della componente spaziale.

Attraverso pulsanti presenti nella barra principale, è possibile accedere alla fase di georeferenziazione dei siti archeologici, che prevede l'identificazione della componente spaziale. Tale informazione può essere rappresentata da un elemento puntuale, uno lineare o uno poligonale. Attraverso un menu contestuale è possibile procedere alla modifica dei vertici appena inseriti, aggiungendone alcuni o eliminandone altri. Lo studio grafico ha pesantemente investito questa procedura, consentendo l'operatore di identificare in maniera univoca l'area del sito con strumenti realmente di immediata comprensione.

d) Sezione per l'inserimento della componente alfanumerica.

Una volta completata l'operazione di riconoscimento della componente spaziale, l'operatore può procedere all'inserimento delle informazioni alfanumeriche riportate nella scheda di catalogazione. La struttura di tale interfaccia risponde in maniera rigorosa alla normativa emessa dall'ICCD in merito alla compilazione delle schede di catalogo. In particolare sono state rispettate tutte le ripetizioni previste dalla scheda SI e tutte le tabelle dizionario disponibili. L'abbondante utilizzo di controlli evidenziati attraverso una studiata componente grafica, permette all'operatore di tenere costantemente sotto controllo l'avanzamento nella compilazione dell'articolata scheda di catalogo.

e) Sezione dedicata all'associazione dati alfanumerici - componente spaziale.

Questa fondamentale associazione viene realizzata dall'operatore, il quale seleziona ogni geometria precedentemente tracciata sui supporti cartografici di sfondo e con l'apposito strumento presente nella barra di menu associa la corrispondente scheda di catalogo. In questo modo è possibile, come previsto dalle schede di catalogo, realizzare un'associazione uno a molti, ovvero si possono avere più geometrie anche di diverso tipo (punti, linee, aree) per una stessa scheda sito.

f) Sezione modifica.

La modifica delle informazioni inserite, che si tratti della componente spaziale o di quella alfanumerica, è possibile limitatamente a quelle inserite direttamente dall'operatore. Egli infatti può visualizzare e consultare le georeferenziazioni complessivamente presenti sul server centrale e riferite all'area in studio, ma su di esse solo l'amministratore ha privilegi tali da consentirgli le procedure di cancellazione e modifica.

Al termine delle operazioni di inserimento delle informazioni alfanumeriche e geografiche, l'operatore può procedere alla creazione del pacchetto di esportazione dei dati, che verranno conferiti all'amministratore, responsabile della gestione dell'applicativo residente sul server centrale.



Figura 2: schermata di lavoro dell'applicativo GeoArc

6. CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

Terminata la fase di test e collaudo della procedura di georeferenziazione illustrata, avrà inizio la fase operativa vera e propria che porterà all'inserimento nella banca dati centrale delle informazioni riguardanti alcune migliaia di siti archeologici attualmente noti nel territorio della Regione Friuli Venezia Giulia e parzialmente già catalogati su formato cartaceo. L'acquisizione di nuovi dati potrà invece contare su una georeferenziazione gestita attraverso dispositivi palmari GPS che in tempo reale o *off-line* potranno interagire con il server GIS sia nella fase di consultazione che di aggiornamento. L'adozione di questi strumenti potrà già essere coinvolta in una fase di validazione delle georeferenziazioni inserite attraverso lo strumento desktop *GeoArc*.

Un importante arricchimento in termini di conoscenza del territorio, sarà realizzato con l'adozione di uno strato informativo rappresentato dalla cartografia catastale in formato vettoriale, rispetto alla quale vengono emanati i vincoli monumentali ed archeologici. Ad oggi è in corso il completamento di questo importante strumento da parte della regione Friuli Venezia Giulia. Rimarranno da gestire le questioni legate ad un suo necessario periodico aggiornamento.

In prospettiva si prevede la pubblicazione delle informazioni così raccolte attraverso un applicativo WebGis, che permetterà una rapida condivisione dei dati geografici ad un'utenza variegata. Da un lato sarà infatti possibile, da parte di utenti abilitati, consultare il sistema allo scopo di espletare pratiche inerenti alla tutela e alla valorizzazione del patrimonio culturale, segnalando contestualmente eventuali incongruenze o aggiornamenti riguardanti i dati immessi, mentre dall'altro potranno essere resi accessibili ad un pubblico più ampio le informazioni geografiche meno approfondite e dettagliate per motivazioni legate a esigenze turistiche, didattiche e di ricerca.

7. BIBLIOGRAFIA

M. Guaitoli, G. Ceraudo, 2000. Cartografia per Eraclea, in Beni Culturali e alta formazione in una strategia di sviluppo tecnologico del Mezzogiorno, Atti dell'incontro di studio di S. Maria Capua Vetere

Wheatley, D. M. Gillings., 2002 Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS. Taylor & Francis, London.

N. Maiellaro, G. Losito, 2004. Web-Gis per I beni culturali e ambientali georeferenziati mediante GPS. Conferenza ASITA, Roma.

C. Alippi, A. Giussani, C. Micheletti, F. Roncoroni, G. Stefani, G. Vassena., Global positioning and geographical information systems, - in Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE, Volume: 7, Issue: 4, Page(s): 36- 43 Year: Dec. 2004

G. Vassena, C. Alippi, F. Bernini, M Gelmini, A. Giussani, C. Lanzi, C. Micheletti, F. Roncoroni, M. Sgrenzaroli, G. Stefani, G. Verza; SA.T.GIS (Sagarmatha Trekking GIS). The WEB-GIS of Everest National Park and Changri Nup Glacier Area, in via di pubblicazione su atti del Fourth National Conference on Science and Technology, 23-26 Marzo 2004, Kathmandu (Nepal)

G. Vassena, G. Stefani, R. Cantoni, E. Festa, GPS-GIS-WEB. Uso di internet per l'aggiornamento di un WEB-GIS e la contemporanea trasmissione del segnale di correzione differenziale GPS. Prove tecniche di flessibilità, in Brescia Ricerche, pag. 14-19, n. 42, marzo 2003

C. Achille, C. Balletti, R. Brumana, G. Monti, C. Monti, C. Savi , Georeferenziazione dei beni e strutturazione gis a supporto della redazione della carta del rischio dei beni culturali: verso un capitolato, Atti 6° Conferenza Nazionale ASITA - GEOMATICA PER L'AMBIENTE, IL TERRITORIO E IL PATRIMONIO CULTURALE - Perugia, 5-8 Novembre 2002

R. Brumana, C. Achille, Advanced GIS Technologies to Support the Georeferencing of Cultural Heritage, XIX CIPA Symposium, 30 sept- 4 Oct. 2003, Antalya, Turkey

L. Fregonese, Georeferenziazione di beni culturali per Carte di Rischio mediante strumentazione GPS palmare, 2002Atti 6° Conferenza Nazionale ASITA - GEOMATICA PER L'AMBIENTE, IL TERRITORIO E IL PATRIMONIO CULTURALE - Perugia, 5-8 Novembre 2002

G. Vassena, C. Lanzi, G. Stefini, Trasmissione del segnale di correzione differenziale GPS attraverso internet: Applicazioni e potenzialità del metodo, Atti 6° Conferenza Nazionale ASITA - GEOMATICA PER L'AMBIENTE, IL TERRITORIO E IL PATRIMONIO CULTURALE - Perugia, 5-8 Novembre 2002