

PERSONALIZZAZIONE DI UN AMBIENTE GIS PER IL MONITORAGGIO DI UN SISTEMA IDRAULICO

Eros AGOSTO(*), Luca DEMARCHI(*)

(*)Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie, Politecnico di Torino, 10129 Torino
e-mail: eros.agosto@polito.it, demarchi_luca@yahoo.it

Riassunto

Il progetto trova applicazione nel Parco del Castello di Racconigi, città situata in provincia di Cuneo, al confine con quella di Torino. Il Parco ed il Castello fanno parte del sistema della “*corona di delizie*”, circuito delle residenze extraurbane con cui i Savoia circondarono la capitale del loro regno nel corso dei secoli XVII e XVIII. L’inestimabile valore storico, architettonico ed ambientale del sito è testimoniato dal fatto che a partire dal 1999 faccia parte della lista del patrimonio mondiale dell’umanità redatta dall’UNESCO.

Recentemente è iniziato un progetto di risistemazione del sistema idraulico del Parco, in occasione del quale è nata una collaborazione col Politecnico di Torino, volta allo sviluppo del progetto di un GIS di supporto a tale attività. L’obiettivo di tale progetto è recuperare e monitorare il sistema idraulico, utile al mantenimento in vita del complesso sistema lacustre.

Il monitoraggio è attuato mediante confronto di rilievi attestanti lo stato di fatto della situazione di progetto. L’obiettivo è mantenere tale situazione dal momento che rappresenta la condizione ottimale di funzionamento del sistema e che si deve cercare di rispettare, pena la crisi stessa del sistema.

Questa operazione si attua in due fasi: in un primo momento eseguendo periodicamente rilievi topografici su sezioni di controllo disposte lungo il percorso dei canali principali del Parco e opportunamente materializzate a terra; successivamente utilizzando il software GIS per confrontare i risultati ottenuti con la situazione di progetto.

I dati ottenuti dai rilievi vengono memorizzati in tabelle opportunamente strutturate che costituiscono la base dati e quindi l’archivio del sistema di monitoraggio. L’interrogazione dell’archivio ed il confronto delle sezioni vengono eseguiti facilmente grazie a strumenti personalizzati realizzati in linguaggio VBA (Visual Basic for Application), che consentono una fruizione ed analisi semplice dei dati.

In questo modo si può così quantificare la variazione della superficie che si è creata in ogni sezione di controllo del Parco; facendo poi un confronto tra sezioni adiacenti si può calcolare la quantità di volume di sterro e quella di riporto nel tratto compreso tra le sezioni.

Questo dato costituisce la base per la pianificazione di interventi di manutenzione sul sistema idraulico del Parco.

Abstract

This project has been developed in the planning of a management system for the Royal Racconigi Park, located within the province of Cuneo, which borders the Turin one. The Castle and the surrounding Park are part of the circuit around Turin called the “*corona di delizie*” system, a grove of extra urban residences, with which the Savoia family encircled the capital during the time of their reign in the XVII and XVIII centuries. The site is of extreme historical, architectural and environmental value. In fact, since 1999, this site is considered part of UNESCO cultural heritage list.

Recently, renovations were initiated on the Park’s hydraulic system. During the renovation phase, the Politecnico di Torino was requested to develop a GIS project for the hydraulic system. The object of this project is to recuperate and monitor the hydraulic system in order to maintain the complex lake basin.

The monitoring workflow is carried out comparing the surveys that certify the actual situation of the hydraulic canal and the projected situation. This operation is developed in two different stages: in the first one surveying some hydraulic control sections; in the second one using the GIS software to compare the results with the project situation. The results of the surveys are stored in tables that form the database and so the archives of the monitoring system. The queries relating to the archive and the comparison between the hydraulic sections are easily performed by a personalized application which was written in VBA language (Visual Basic for Application). This allows a quick and easy analysis of the experimental data.

In this way it’s possible to evaluate the variations of the surface of each hydraulic control section of the Park. From a further comparison between the adjacent sections it’s possible to calculate the amount of volume of earth that has to be moved. This data is the basis for planning the maintenance work for the Park’s hydraulic system.

Introduzione

Nel parco del castello di Racconigi l’acqua è sempre stata elemento fondamentale della composizione. Il Parco oltre ad essere luogo di svago e divertimenti per la corte era anche centro produttivo e di controllo di tutto il sistema idraulico delle zone circostanti.

Negli ultimi anni, il bacino idrico si presentava degradato in maniera significativa a causa di trasformazioni successive che hanno coinvolto il Parco e di mancate opere di manutenzione. I continui cambiamenti non hanno saputo evitare una generale tendenza all’interramento che a sua volta ha portato alla completa chiusura di alcuni tratti.

È in questo contesto che si inserisce la progettazione di un sistema di monitoraggio che sia in grado di poter controllare l’evolversi della situazione in ogni punto del complesso bacino idrico e il cui obiettivo principale è quello di ripristinare e rivalutare un patrimonio di inestimabile valore storico ed artistico.

Il sistema di monitoraggio deve essere cioè un valido strumento di supporto decisionale, per poter così valutare un possibile intervento di ripristino o di manutenzione; esso deve:

- basarsi su un valido **supporto cartografico**, sul quale sia possibile individuare accuratamente gli elementi significativi;
- gestire un **archivio**, nel quale poter tener traccia degli elaborati di progetto e di rilievo, in modo da essere a conoscenza del processo evolutivo del sistema. I dati di questo archivio devono poter essere relazionati agli elementi geometrici presenti sul supporto cartografico. Inoltre l’archivio deve essere facilmente accessibile, interrogabile ed aggiornabile;
- permettere un’adeguata **analisi dati** all’interno dell’archivio;
- offrire un’adeguata possibilità di **personalizzazione**;
- avere un’**interfaccia grafica** semplice e facilmente fruibile.

Si è quindi pensata la creazione di un GIS come la soluzione più adeguata per poter realizzare questo complesso sistema di monitoraggio, in quanto, per le sue caratteristiche, è lo strumento

migliore in grado di soddisfare al meglio le necessità di cui sopra, utili al conseguimento dell'obiettivo del monitoraggio.

Il supporto cartografico e l'organizzazione dei dati geometrici.

Il supporto cartografico che è stato utilizzato nel progetto è costituito da:

- una rete di Inquadramento Topografico, per garantire il controllo metrico sia delle operazioni di risistemazione del Parco sia delle operazioni di manutenzione, alla quale verranno riferite tutte le misure che dovranno essere utilizzate durante l'esecuzione dei lavori e, in seguito, per il monitoraggio e la messa in ripristino degli alvei;
- la carta in scala 1:500 del Parco, che costituisce la base del sistema informativo territoriale nel quale alloggiare tutte le informazioni derivanti sia da rilevamenti metrici a differenti scale, che di rilievi di altra natura, al fine di creare uno strumento di monitoraggio, gestione e pianificazione efficiente e poggiante su solide e documentate basi;
- un'ortofoto in scala 1:1000 del Parco, per integrare le informazioni geometriche con quelle radiometriche. Essa potrebbe risultare molto utile per l'analisi immediata di entità presenti sul territorio del Parco.

I dati geometrici forniti sono stati memorizzati all'interno di un Personal Geodatabase.

All'interno del Personal Geodatabase tutti gli elementi risiedono in classi di caratterizzazione (chiamate *features classes*). Le *features classes* possono essere organizzate in *feature dataset*, oppure possono anche esistere indipendentemente nel geodatabase. All'interno di questo geodatabase si è deciso di separare gli elementi contenuti al suo interno, creando distinte *feature dataset* che raggruppano al loro interno elementi comuni, in modo da avere distinti gruppi di dati. Ogni gruppo contiene al suo interno una diversa tipologia di dato: Aree, Polilinee o Punti.

Ogni *feature dataset* condivide lo stesso sistema di coordinate spaziali. Per il Geodatabase del Parco di Racconigi tutti i dati sono riferiti al sistema di riferimento UTM-WGS 84.

L'utilizzo del Geodatabase permette inoltre la definizione dei *Domini*, utili a limitare le valorizzazioni che un determinato campo o colonna di una tabella può assumere. Questa operazione risulterà utile in fase di popolamento delle tabelle, in quanto potranno essere inseriti solamente valori previsti e non si potranno così inserire valori errati per i due campi e la compilazione risulterà più agevole e rapida.

Sono stati così definiti due domini, uno per specificare il tipo di sezione (se di 'Rilievo' o di 'Progetto') e l'altro per specificare il numero identificativo della sezione (chiave di collegamento verso le features indicanti la posizione planimetrica del rilievo).

Funzionamento del sistema di monitoraggio.

Il sistema che si vuole creare, oltre che costituire un valido strumento in fase progettuale, deve consentire di attuare un'azione di controllo sull'evoluzione dei lavori, e in prospettiva, monitorare lo stato del sistema idraulico del Parco per pianificare gli interventi ordinari di manutenzione.

La fase di acquisizione dei dati del monitoraggio prevede il rilievo periodico in corrispondenza di una serie di sezioni idrauliche di controllo, disposte lungo il percorso dei canali principali del Parco e opportunamente materializzate a terra (fig.1).

La convenienza di utilizzare delle sezioni consiste nella possibilità di poter quantificare con dei rilievi topografici la variazione del terreno lungo la linea di sezione stessa. Inoltre consentono una corretta conoscenza della morfologia del Parco nel suo complesso.

La fase di analisi dei dati consiste nel confrontare i rilievi topografici effettuati sulle sezioni con la situazione di progetto fornita dagli esperti idraulici in occasione del lavoro di restauro in atto.

Viene quindi calcolata la variazione delle superfici dei vuoti. Successivamente le differenze di superfici vengono analizzate tra due sezioni adiacenti in modo da poter avere un'analisi volumetrica degli spostamenti di terra che si sono venuti a creare tra le due sezioni. Quest'ultima analisi permette quindi di valutare un possibile intervento di ripristino o di manutenzione.

Struttura del sistema di monitoraggio.

Come prima cosa bisogna sottolineare la necessità, da parte degli addetti idraulici e dei topografi incaricati di effettuare i rilievi, di fornire, sia per le sezioni di rilievo che per quelle di progetto un file in formato ASCII contenente le coordinate dei punti rilevati. Quest'ultimo file verrà utilizzato durante la fase di calcolo delle superfici delle sezioni.

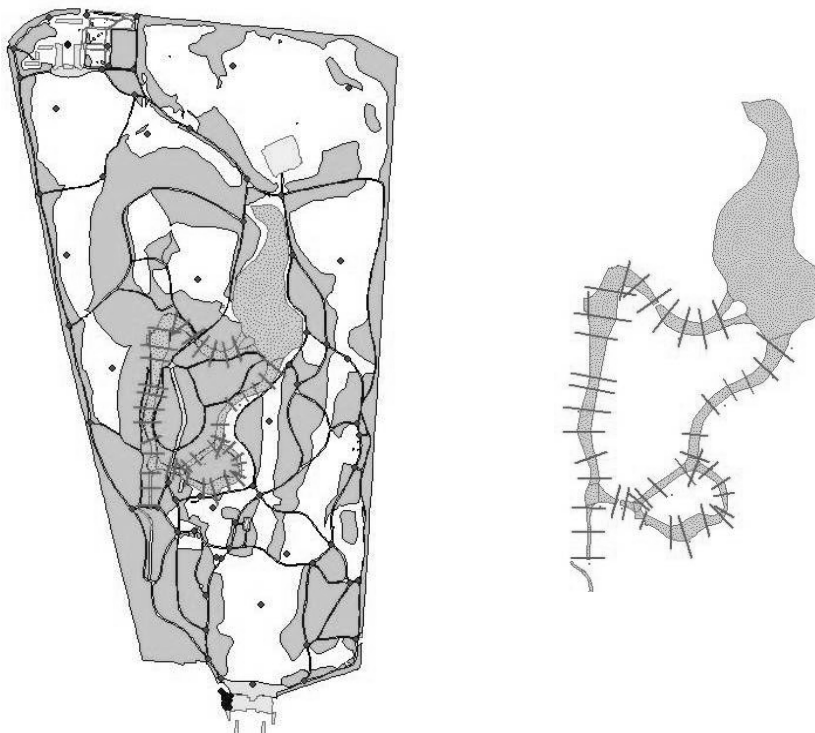


Figura 1 – Dislocazione delle sezioni lungo i canali principali del Parco

La base dati per il monitoraggio è costituita da due elementi principali:

- uno **shapefile**, con relativa tabella attributi, all'interno della quale viene memorizzata l'informazione dell'ubicazione planimetrica delle sezioni di controllo e a cui viene associato un identificativo univoco;
- una **tabella**, che contiene l'archivio di tutti i rilievi effettuati mediante la memorizzazione dei *path* delle due tipologie di file prima descritte; essa contiene le informazioni dei rilievi eseguiti nel corso del tempo e viene editata di volta in volta inserendo informazioni relative alla data di esecuzione del rilievo, al tipo di rilievo eseguito (di controllo o di progetto), al numero identificativo della sezione ed al percorso di memorizzazione (*path*) dei due file di cui sopra. Si precisa che esisteranno due tipi diversi di rilievi, quelli *di controllo* eseguiti annualmente durante le operazioni di monitoraggio, e quelli *di progetto*, corrispondenti alla condizione ideale di funzionamento. Questa tabella è stata creata perché i lavori di ripristino o di manutenzione che verranno eseguiti all'interno del Parco comporteranno grandi o piccole modificazioni morfologiche che andranno correttamente documentate e mantenute nel tempo all'interno di opportuni archivi che dovranno essere sempre consultabili e accessibili. I dati memorizzati in questa tabella sono esclusivamente di tipo alfanumerico. Il collegamento con l'informazione di posizione all'interno del parco è reso possibile dalla presenza di un campo riferito agli identificativi delle singole sezioni.

I periodici rilievi topografici che verranno effettuati su tutte le sezioni disposte lungo i canali del Parco, forniranno i dati di input per un applicativo personalizzato che in modo automatico li possa confrontare con la situazione di progetto più recente.

La creazione dei pulsanti per l'analisi dei dati.

L'applicativo che è stato creato utilizza il linguaggio VBA (Visual Basic for Application) applicato alle Toolbar. È stata cioè creata una nuova Toolbar contenente dei pulsanti personalizzati che eseguono determinate operazioni (fig.2).

Come risultato finale si vogliono ottenere i volumi di terreno di sterro e di riporto che si sono venuti a creare tra due sezioni adiacenti. Gli esperti idraulici potranno valutare così, periodicamente, la necessità di interventi di risistemazione idraulica.

Sono stati creati i seguenti bottoni, che svolgono determinate operazioni:

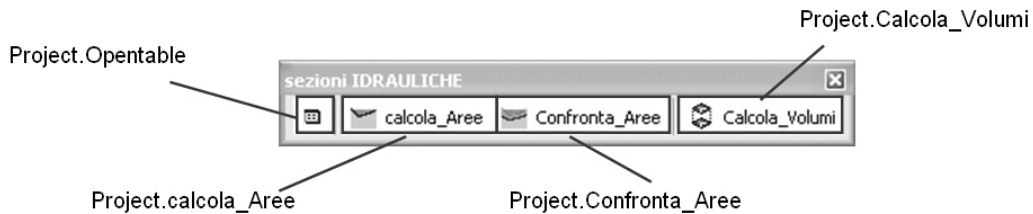


Figura 2 – La Toolbar creata per il monitoraggio

- **Project.Opentable**, la cui unica funzione è quella di aprire in modo più semplice una tabella del progetto;
- **Project.calcola_Aree**, calcola l'area della sezione selezionata e inserisce il valore calcolato nei campi corrispondenti all'interno della tabella-archivio. Il codice scritto per questo bottone si basa sul principio di estrarre per la sezione selezionata in tabella la path relativa al file delle coordinate di quella sezione. Una volta aperto questo semplice file di testo, il programma crea una matrice di variabili grazie alla quale può così calcolare l'area della sezione selezionata, come la somma di tutti i trapezoidi generati da ogni punto rilevato rispetto ad una quota base. Il risultato ottenuto viene quindi memorizzato. Nelle operazioni di calcolo si è scelto di lavorare sulla superficie dei vuoti della sezione, che si ottiene come differenza tra l'ingombro totale della sezione e la superficie dei pieni;

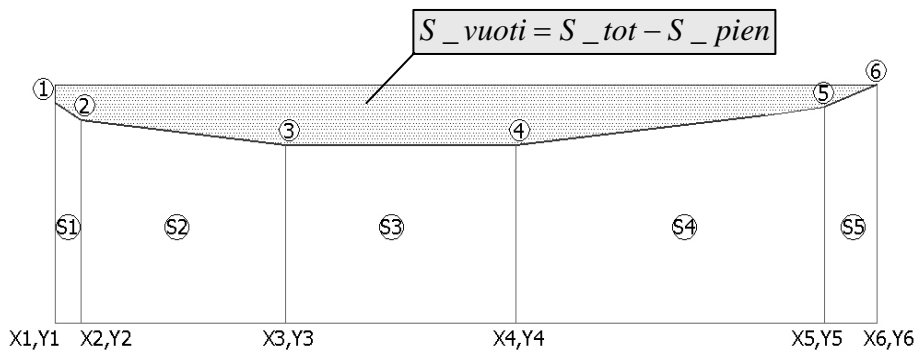


Figura 3 – Il calcolo della Superficie dei vuoti

- **Project.Confronta_Aree**, confronta le aree precedentemente calcolate tra la sezione di rilievo e quella di progetto di una stessa sezione, calcolando i valori di superficie di sterro e di riporto che si sono venuti a creare in una determinata sezione. Il programma cerca in tabella la superficie di una determinata sezione effettuata in una determinata data; deve cioè trovare tra tutti i rilievi ed i progetti presenti, quello in cui i valori riferiti al numero di sezione, al tipo e alla data, corrispondono a quelli cercati. Il codice prevede una fase di input in cui l'utente dovrà inserire dei semplici dati, come il numero di sezione su cui vuole lavorare e le date riferite all'esecuzione dei rilievi. Il codice, utilizzando questi dati come variabili di controllo, potrà automaticamente trovare i valori di superficie desiderati e

confrontarli tra loro, ottenendo così una differenza di superficie che potrà essere di sterro o di riporto e a seconda del caso verrà memorizzata nel campo corrispondente in tabella. Questo permette di memorizzare per ogni sezione il valore e quindi l'entità di eventuali cambiamenti avvenuti nel tempo rispetto alle condizioni ottimali di progetto più recente, che costituiscono parte dell'archivio del monitoraggio;

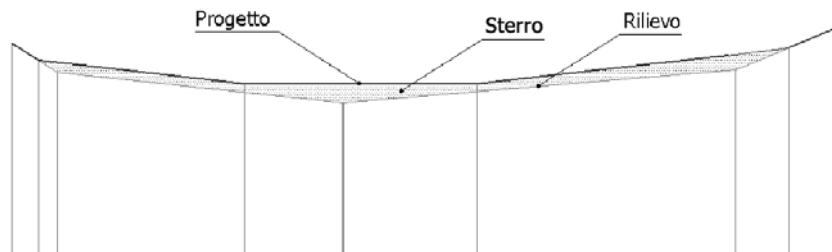


Figura 4 – Confronto tra situazione di Rilievo e Progetto

- **Project.Calcola_Volumi**, calcola il volume in metri cubi di terreno di sterro e di riporto tra due sezioni adiacenti. Il funzionamento del codice è quello di estrarre dalla tabella i valori di sterro e riporto calcolati in precedenza per la sezione selezionata e di quella adiacente, oltre alla distanza tra le due sezioni. Per la fase di calcolo è stato utilizzato “*il principio delle Sezioni Raggiugliate*” ed è stato scritto un codice in grado di analizzare a seconda dei casi le diverse situazioni, in cui cioè ci siano solamente superfici di sterro o di riporto o siano presenti entrambe. Per stabilire in quale casistica si ricada vengono imposte condizioni di controllo che consentono di applicare la formula di calcolo opportuna. I risultati ottenuti, in metri cubi di terra di sterro o riporto, vengono poi visualizzati a video e memorizzati in tabella.

Considerazioni finali.

L'obiettivo del progetto è stato quello di creare un valido strumento di analisi e supporto per la fase decisionale di manutenzione, volto a tutelare e salvaguardare un bene di notevole interesse storico ed artistico. Grazie a questo strumento è possibile valutare in modo semplice ed automatizzato le variazioni che possono interessare i canali del sistema idraulico del Parco nel corso del tempo utilizzando dati di rilievi topografici su sezioni materializzate a terra. In questo modo gli operatori sono nelle condizioni di poter valutare al meglio la necessità di un'operazione di ripristino e avere già in mano i dati utili per una eventuale fase di progettazione.

Bibliografia.

- Agosto E., Macera M., Rinaudo F., A GIS for the monitoring of the hydraulic system of the Royal Racconigi Park, Atti della XX Conferenza internazionale CIPA, Torino, 2005
- Agosto E., Rinaudo F., Il sistema informativo territoriale per il monitoraggio del sistema idraulico del Parco Reale di Racconigi, Atti della VII Conferenza nazionale ASITA, Roma, 2004
- Bertola I., Racconigi: idraulica e giardini : persistenze e trasformazioni del sistema delle acque nel Parco di Racconigi tra XVIII e XX secolo, Tesi scuola di specializzazione, 2003
- Mondino L., Racconigi: idraulica e giardini : ponti e manufatti nel sistema d'acque del Parco di Racconigi tra Ottocento e Novecento, Tesi scuola di specializzazione, 2003