

# STRUMENTI INNOVATIVI A SUPPORTO DEL BILANCIO DELLA PIANIFICAZIONE

Andrea MINGHETTI (\*), Paola AFRICANI (\*), Marco GATTEI (\*)

Marika MILANI (\*), Elisa PASELLI (\*).

(\*) SIT – Comune di Bologna, via San Felice 25 – Bologna, tel. 051/204019, fax 051/204027  
segreteria@comune.bologna.it

## Riassunto

Nell'articolo si descrive come è stato realizzato uno strumento per la messa a confronto del patrimonio documentale del Comune di Bologna, costituito dal repertorio fotogrammetrico dal 1954 a oggi, con gli strumenti di pianificazione storici e vigenti.

Dalla analisi territoriale è possibile individuare le trasformazioni urbanistiche che coinvolgono l'impianto urbano, la rete infrastrutturale e il sistema insediativo, e ottenere un risultato di importanza strategica in sede di realizzazione del Piano Strutturale Comunale, nuovo strumento urbanistico di cui si sta dotando il Comune di Bologna ai sensi della L.R. 20 del 23/04/2000 – Disciplina generale sulla tutela ed uso del territorio.

L'archivio storico è stato recuperato attraverso un procedimento di scansione dei singoli fotogrammi e delle tavole di PRG, ed è stato successivamente georeferenziato e mosaicato al fine di ottenere un *continuum* territoriale. Realizzato il mosaico di foto aeree, il lavoro è stato completato con il bilanciamento del colore per minimizzare le differenze tra le immagini mediante l'impiego di particolari algoritmi.

La precisione del prodotto finale è ovviamente dettata dalla qualità dei dati di partenza: il modello digitale del terreno DTM, la Carta Tecnica Regionale della regione Emilia Romagna, i fotogrammi e il materiale cartaceo.

La diffusione del materiale avviene tramite la consultazione Web progettata per guidare l'utente nella visione e navigazione 'parallela' delle foto aeree e degli strumenti di pianificazione storici e vigenti.

## Abstract

In the paper it is explained how a new system to compare the rich Bologna Municipality photogrammetric archives, since 1954, with the historical and actual city planning devices has been realized.

Through the territorial analysis it is possible to identify the urban transformations which involve the city structure, the infrastructural network, the settlement arrangement so as to obtain a result valuably significant while realizing the Strategic City Plan, according to the Regional Law 20/2000 "Rules and regulations about the exploit and safeguard of the territory".

The aerophotogrammatic archive was achieved by the single photogram and PRG (Piano Regolatore Generale) table scanning and subsequently georeferenced and mosaic worked in order to obtain a territorial continuum. Once the aerial photos were taken, the work was completed by balancing the colour using specific algorithm to minimize the differences among the images.

The precision of the final product is of course due to the input data quality: the DTM model, the Technical Regional Map of Emilia Romagna, the photograms and the paper documentation.

The end-users can examine the archive documentation via web. This process allows them to browse photos and plans of past and actual years by means of a "parallel" vision.

## Introduzione

Per valorizzare e rendere disponibile agli utenti interni ed esterni all'Amministrazione il vasto patrimonio storico del Comune di Bologna, è stato sviluppato un servizio Web che offre la possibilità di mettere a confronto strumenti di pianificazione e fotogrammi storici.

L'utente può così avere la visione comparata di una stessa area del territorio in anni diversi oppure confrontare cartografie e strumenti di pianificazione tra loro o con le riprese aeree.

Nel presente lavoro si illustrano i metodi e il materiale utilizzato per georeferenziare e rettificare i dati a disposizione, così da riportare il tutto in un unico sistema di riferimento.

Per l'elaborato finale è stato scelto un formato di compressione che consente una notevole riduzione delle dimensioni delle immagini ed una loro rapida visualizzazione, così da rendere più agevole la ricezione da parte dell'utente.

Il sistema di consultazione offre la navigazione "parallela" delle foto aeree e degli strumenti di pianificazione e di sfogliare il catalogo storico a partire dall'attualità.

## Repertorio

Prima di descrivere i materiali utilizzati, un breve cenno sull'area di analisi:

il Comune di Bologna si estende su un'area di circa 140 Km<sup>2</sup>, comprendente sia una zona collinare che una zona pianeggiante, con quota variabile dai 13 ai 400 m s.l.m..

Il materiale preso in esame comprende:

- Fotogrammi aerei che coprono un arco temporale che va dal 1954 ad oggi con cadenza all'incirca decennale.

ANNO	ESEGUITO DA	SCALA DEL FOTOGRAMMA	FORMATO
1954*	I.G.M.	1: 35.000	B/N
1971*	C.G.R.	1: 15.000	B/N
1975	C.G.R.	1: 10.000	B/N
1979	C.G.R.	1: 12.000	B/N
1981	I.G.M.	1: 30.000	B/N
1988	I.G.M.	1: 32.000	B/N
1989*	C.G.R.	1: 12.000	COLORI
1992	C.G.R.	1: 6.000	COLORI
1992	C.G.R.	1: 10.000	COLORI
1995	C.G.R.	1: 10.000	COLORI
1997	C.G.R.	1: 10.000	COLORI
1998*	C.G.R.	1: 40.000	COLORI
2001	Impresa Rossi Luigi S.r.l.	1: 7.000	B/N
2002	Telespazio	1: 6.500	COLORI
2003*	C.G.R.	1: 7.000	COLORI

\* già disponibili nel sistema di consultazione

Figura 1 - Caratteristiche dei fotogrammi

Per la scansione dei fotogrammi si è utilizzato uno *scanner* di tipo piano, effettuando l'acquisizione ad una risoluzione di 800 dpi, con una risoluzione radiometrica di 24 bit/pixel.

I voli più recenti (1998, 2002), corredati di formato digitale ortorettificato, sono stati acquisiti dalle ditte realizzatrici mediante *scanner* di tipo fotogrammetrico piano, calibrato geometricamente e radiometricamente, ad una risoluzione geometrica di 1200 dpi e radiometrica di 24 bit/pixel (2002) e 8 bit/pixel (1998).

- Mappe storiche comprendenti la serie storica dei PRG e una serie di censimenti e di indagini molto utili ai fini della ricostruzione dell'evoluzione dell'assetto urbanistico. In tabella alcune indicazioni sugli elaborati attualmente disponibili e di prossima pubblicazione sul servizio:

ANNO	OGGETTO	NOTE
1884*	Cartografia tecnica I.G.M.	Scala 1:10000
1889*	PRG	Il piano regolatore edilizio e di ampliamento riuniva in unico corpo sia le opere e i lavori previsti per la città esistente, sia i lavori per l'ampliamento della stessa. Scala 1:4000
1939	Città di Bologna	Cartografia storica riportante le classificazioni degli edifici, strade e linee tranviarie urbane – Scala 1:10000
1941	Bologna stato attuale	Zonizzazione su base catastale di ambiti pubblici e privati.
1947*	Piano di ricostruzione	Comprende uno stato di fatto dei danneggiamenti subiti dal tessuto urbano, comprende alcune porzioni del territorio comunale. Viene approvato nel 1948 – scala 1:2000
1949	Catasto urbanistico	Mappe su base catastale riportanti lo stato di conservazione degli edifici nell'immediato dopoguerra, con allegate schede statistiche – scala 1:2000
1955*	PRG	Primo piano del dopoguerra: adottato nel 1955, approvato nel 1958 – scala 1:5000
1965	E.I.R.A.	Carta tecnica comunale – scala 1:2000
1970	Variante del PRG del 1955/58	Le varianti al PRG 1955/58 e il piano PEEP sostituiscono, all'inizio degli anni '70, il PRG 1955/58 – 1:5000
1986	PRG 1985	PRG tuttora vigente – scala 1:12000

\* già disponibili nel sistema di consultazione

Figura 2 - Caratteristiche delle mappe storiche

- DTM creato partendo dalla Carta Tecnica Comunale, cartografia di tipo numerico alla scala nominale 1 : 2.000 realizzata dal volo del luglio 2001 con coordinate planoaltimetriche rilevate con una precisione da garantire una tolleranza di 42 cm sulla planimetria e di 60 cm sull'altimetria. La cartografia contiene inoltre la quota di gronda e la quota al piede degli edifici, con una tolleranza di 54 cm. Utilizzando i dati tridimensionali della cartografia, mediante l'utilizzo del *software* ArcGIS, è stato ricreato un modello a maglie triangolari (TIN) con il metodo di interpolazione *Kriging*; poi successivamente si è passati ad un modello a griglia (GRID), con l'applicativo 3D Analyst, perché facilmente gestibile sia come dimensione del file sia dal sistema utilizzato. Il modello ottenuto ha un passo di 5 m.
- Carta Tecnica Regionale della Regione Emilia Romagna a scala 1:5000, in formato raster, scansionata ad una risoluzione di 200 dpi e georeferenziata nel sistema UTM.

### Georeferenziazione e Rettifica

L'elaborazione dell'archivio storico è stata realizzata mediante il *software* Er Mapper 6.4. Di seguito si distinguono le due procedure utilizzate per la correzione geometrica:

#### a) georeferenziazione dei fotogrammi

Per la procedura di georeferenziazione è stato utilizzato il metodo dei punti di controllo a terra (GCP) che consente la correzione geometrica dell'immagine, disponendo dei parametri di orientamento interno ricavati dal certificato di calibrazione (distanza focale, coordinate del punto principale del fotogramma e delle marche fiduciali), di un DTM e di almeno tre punti di appoggio. La scelta dei punti di controllo per la georeferenziazione si è rivelata piuttosto difficoltosa nel centro città, per la copertura delle ombre generate dagli edifici più alti, e nella zona collinare, dove l'individuazione di case o manufatti risulta più problematica a causa della copertura della vegetazione.

Il numero di punti di controllo necessari in questa fase di correzione varia fra 12 e 15, scelti in modo da ottenerne una distribuzione il più possibile omogenea all'interno della foto.

Individuato il set di punti sull'immagine, si è trovata la corrispondenza degli stessi sulla carta di riferimento (CTR), in modo da inserire la foto in un sistema di riferimento assoluto.

#### b) georeferenziazione delle mappe storiche

L'inserimento delle mappe storiche nel sistema di riferimento adottato è stato ottenuto attraverso l'applicazione di equazioni polinomiali lineari: funzioni che richiedono la conoscenza di almeno tre punti di controllo. Nell'individuazione di tali punti sono state incontrate non poche difficoltà, sia per la differenza temporale tra la mappa in esame e la cartografia di riferimento, che per la mancanza di dettagli cartografici in genere non rappresentati negli strumenti di pianificazione.

Terminata la fase di georeferenziazione, una volta verificata la qualità degli scarti quadratici medi, si è passati alla fase di rettifica e di ricampionamento, scegliendo per quest'ultima il metodo bilineare. Tale metodo permette di ricalcolare il valore di ogni cella dell'immagine attraverso l'interpolazione dei valori dei quattro pixel più vicini.

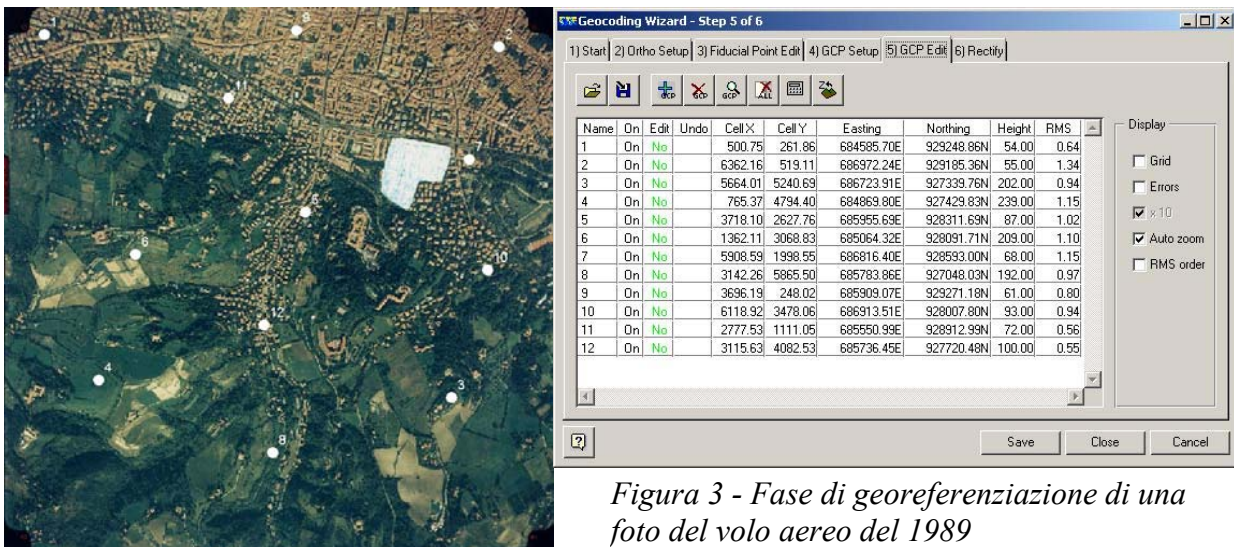


Figura 3 - Fase di georeferenziazione di una foto del volo aereo del 1989

## Mosaicatura

Una volta ottenute le ortofoto e le mappe raddrizzate, il *software* ha permesso di procedere alla mosaicatura così da ottenere un *continuum* territoriale. In particolare, nel caso dei fotogrammi aerei, grazie alla presenza di sovrapposizioni tra le varie strisciate, è stato possibile considerare esclusivamente le parti centrali delle singole foto, scartando così i margini dove più evidenti sono le distorsioni.

Inoltre, poiché l'accostamento delle diverse foto risulta spesso problematico, si è cercato di tagliare le immagini lungo strade, canali, specchi d'acqua, aree verdi così da rendere meno evidenti possibili discontinuità.

Nel caso delle foto aeree, per compensare e minimizzare le differenze radiometriche introdotte durante l'acquisizione, è stato necessario effettuare un'operazione di bilanciamento dei colori.

Una apposita funzione del *software* analizza e confronta il colore e l'intensità di immagini adiacenti ed utilizza tale informazione per ridurre le differenze di colore ed intensità dell'intero mosaico.

## Il sistema di pubblicazione su Internet

Il *continuum* territoriale georeferenziato, ottenuto con i passi precedenti, si materializza in immagini di grandissime dimensioni, nell'ordine dei 2 GB di dati in formato non compresso.

Pubblicare e fruire immagini di tali dimensioni attraverso un mezzo come Internet presenta notevoli problemi, sia in termini di banda necessaria per il trasferimento di dati, sia in termini di presentazione dei dati, ovvero di risoluzione e taglio delle singole immagini.

Il *software* Image Web Server di ERMMapper (IWS) risolve le problematiche connesse al dimensionamento dei file, instaurando una connessione dedicata che permette di visualizzare in maniera fluida e veloce le immagini.

L'architettura del prodotto consta di un'estensione lato server sul sito che ospita e pubblica le immagini e di un elemento da installare sul *browser* (*plugin*) utilizzato per la consultazione.

Di fatto il *plugin* sul client è in grado di calcolare risoluzione e porzione di foto che viene richiesta via browser dall'utente finale, e pertanto fa richiesta al server solo di tale porzione dell'immagine. Man mano che la navigazione procede, attraverso i consueti strumenti di zoom/pan, i dati vengono temporaneamente memorizzati sul client, riducendo drasticamente il traffico attraverso internet ed abbassando quindi i tempi di risposta del sistema di navigazione.

Sopra questa architettura commerciale, il SIT del Comune di Bologna ha progettato *on top* un'applicazione in grado di mettere in relazione fra loro, tramite la georeferenziazione, due fotopiani o mappe di epoche diverse, allo scopo di fornire all'utente la netta percezione del cambiamento della porzione di territorio in esame.

Il sistema di navigazione inoltre è stato integrato con la funzione di ricerca per indirizzo, collegata alle basi dati della toponomastica ufficiale gestita dal SIT.

## La diffusione

L'interfaccia di consultazione web del sistema è stata progettata in modo da guidare l'utente finale in un continuo "gioco comparativo" tra passato e presente che ha possibilità di sfogliare il catalogo degli archivi storici in base all'epoca desiderata e alla zona di interesse.

Il servizio è dedicato ad utenti interni all'Amministrazione, quali pianificatori, tecnici istruttori ed esperti di territorio, ed esterni: professionisti, progettisti e studenti.

Il sistema consente la consultazione del repertorio delle foto storiche con la cartografia digitale attuale o in alternativa di confrontare foto di epoche diverse tra loro o con i piani storici.

L'utente ha a disposizione una semplice interfaccia di navigazione ed è facilitato nella ricerca della zona di interesse dalla funzione di Ricerca via nello stradario comunale.

Il sistema verrà reso disponibile nell'ambito dei servizi del SIT del Comune di Bologna già presenti in rete, quali la consultazione e lo scarico della cartografia digitale e del PRG; gli utenti abilitati potranno accedere al servizio dal sito <http://sit.comune.bologna.it>.

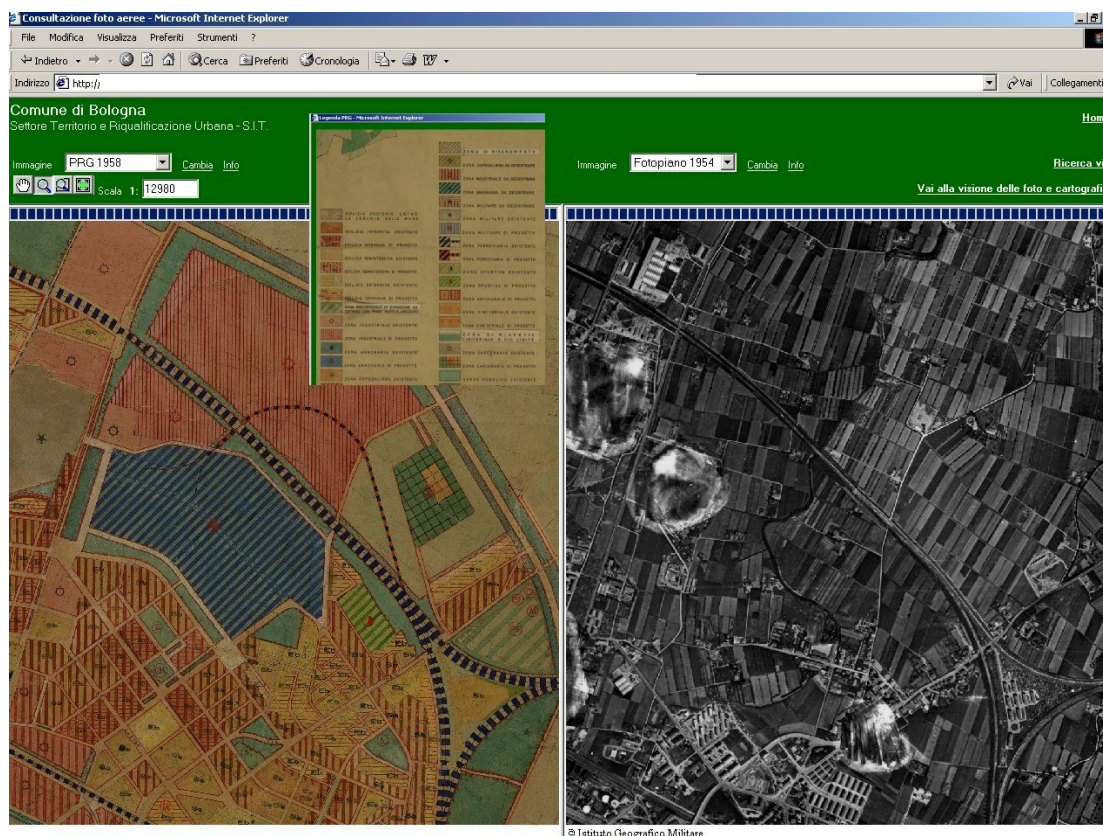


Figura 4 – sistema di consultazione comparata: PRG 1958 e ripresa aerea del 1954

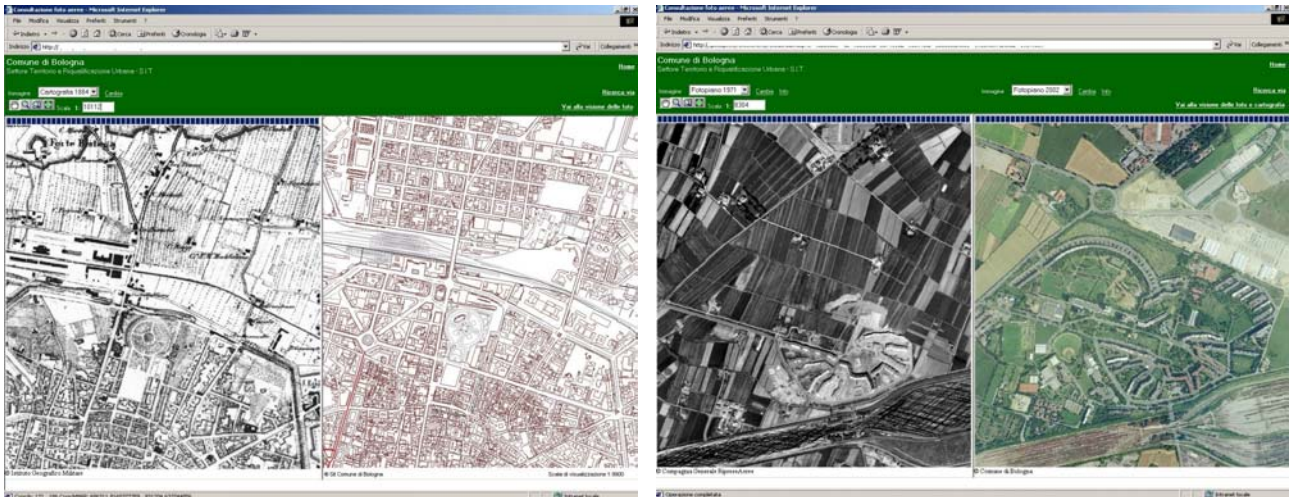


Figura 5 – Altre visioni comparate: cartografia 1884 e cartografia attuale; volo 1971 e 2002.

## Conclusioni

Il sistema realizzato offre la possibilità di fruire via web un patrimonio storico di difficile accessibilità, preservandone al contempo la copia cartacea dall'usura dovuta alle frequenti consultazioni; in tal senso contribuisce al raggiungimento dell'obiettivo di ridurre il numero di utenti che si presentano allo Sportello Edilizia per il reperimento delle informazioni tecniche in sede di presentazione di una pratica edilizia.

Allo stesso tempo rappresenta uno strumento efficace e di immediata lettura per supportare i pianificatori nella analisi diacronica dell'evoluzione del territorio nei suoi vari aspetti (impatto antropico, copertura vegetazionale, uso del suolo ecc.) e nell'eseguire bilanci a valutazione dell'efficacia delle previsioni dei piani.

La comprensione del passato e dell'attualità consente di delineare scenari futuri più realistici e di conseguenza pianificare e programmare con maggiore attendibilità il futuro; in particolare per il Comune di Bologna risulta di strategica importanza in sede di realizzazione del Piano Strutturale Comunale, nuovo strumento di pianificazione di cui si deve dotare l'amministrazione ai sensi della Legge Regionale 20/2000.

## Riferimenti

S.I.T. Settore Territorio e Riquilificazione Urbana - Comune di Bologna - <http://sit.comune.bologna.it>.

ER Mapper – User Guide – <http://www.planetek.it>

ArcGIS - <http://www.esriitalia.it>