

La digitalizzazione e georeferenziazione dell'archivio cartografico e aerofotografico storico dell'IBC. Osservazioni metodologiche

Luigi Colò (**), Ilaria Di Cocco (*), Maria Luisa Garberi (**), Giovanni Belvederi (**),
Stefano Pezzoli (***), Franco Siligardi

(*) Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Emilia Romagna, Strada Maggiore 80
40125 Bologna, Tel. 051 4298216, Fax 051 4298277, e-mail ilaria.dicocco@beniculturali.it

(**) Servizio Sviluppo dell'Amministrazione digitale e Sistemi informativi geografici, Regione Emilia-Romagna
Viale Silvani 4/3, 40122 Bologna, Tel. 051 5274857, Fax 051 5274216, e-mail mlgarberi@regione.emilia-romagna.it
colo@regione.emilia-romagna.it, gbelvederi@regione.emilia-romagna.it

(***) Istituto per i Beni Artistici, Culturali e Naturali della Regione Emilia-Romagna, via Marconi 8, 40122 Bologna
Tel. 051 5276163, Fax 051 6569582, e-mail spezzoli@regione.emilia-romagna.it

Riassunto

Si illustra l'esperienza della digitalizzazione dell'imponente archivio carto/fotografico dell'Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali della Regione Emilia Romagna, dove nel corso di decenni sono state acquisite le principali cartografie preunitarie, le prime levate della cartografia IGM e delle CTR, le serie fotografiche "storiche" disponibili ed eseguite fra il 1931 e il 1955 (voli IGM, RAF, GAI), costituite da quasi 5000 foto aeree, oltre alle immagini realizzate per la costruzione e l'aggiornamento della cartografia regionale nel corso degli anni '70 e '80. Fin dal 2000 è stata intrapresa la digitalizzazione e georeferenziazione di questo imponente archivio; per non incorrere tuttavia in errori metodologici e in analisi superficiali dei risultati, è stato necessario aver ben chiari alcuni presupposti metodologici del processo di georeferenziazione di tali documenti.

Abstract

In this article we illustrate the digitalization experience of the very large archive of cartographies and photos of the "Beni Artistici Culturali" Institute of the Emilia-Romagna region. During many decades, this Institute acquired the most important cartographies of Italy before 1861. Some of these cartographies are coming from Geographic Military Institute, some of them are the historical aerial photos took in between 1931 and 1955 (IGM, RAF and GAI flights). All these photos are around 5000; further there are more photos took to build and update the regional cartography during '70s and '80s. Since 2000 we started digitizing and georeferencing this very large archive; nevertheless, to avoid methodology errors and trivial results, we needed to have clearly in mind some methodology assumptions of the georeferencing process of these historical documents.

L'archivio dell'Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali (IBC)

Per decenni l'Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali della Regione Emilia Romagna ha raccolto e organizzato dati e compiuto campagne di ricerca e rilevamento degli insediamenti storici e dei beni culturali e ha acquisito le principali fonti cartografiche ed iconografiche storiche del territorio regionale per un loro utilizzo ai fini dell'individuazione dei siti storici e per un confronto fra l'assetto territoriale storico e quello attuale. Queste attività sono state svolte sia per l'analisi urbanistica e architettonica che per l'individuazione delle disomogeneità e delle evoluzioni salienti del territorio e per l'interpretazione di fenomeni idrogeologici e morfologici e quindi del paesaggio regionale, arrivando a creare un archivio iconografico di oltre 100.000 documenti. Il confronto fra la cartografia moderna e la documentazione iconografica e cartografica storica è sempre stato

quindi alla base delle raccolte di materiali e dell'attività dell'Istituto, assunto poi come criterio metodologico dal piano paesistico regionale della regione Emilia Romagna.

A questo scopo nel corso degli anni sono state quindi acquisite le principali cartografie preunitarie, le prime levate della cartografia IGM e delle CTR e le serie fotografiche "storiche" disponibili ed eseguite fra il 1931 e il 1955, costituite da quasi 5000 foto aeree, oltre alle immagini realizzate per la costruzione e l'aggiornamento della cartografia regionale nel corso degli anni Settanta e Ottanta. Le serie storiche più importanti sono quelle effettuate dall'I.G.M. (Istituto Geografico Militare) negli anni 1931-37 (quasi 3000), le foto aeree R.A.F. (Royal Air Force) degli anni 1943-45 (521) e quelle del G.A.I. (Gruppo Aereo Italiano) del 1954-55 (quasi 1300).

L'avvio del percorso di georeferenziazione

La disponibilità di questo prezioso materiale è sempre stata garantita agli studiosi e agli interessati alla loro visione e fruizione; l'elenco completo è sempre stato consultabile presso l'archivio cartografico dell'IBC grazie a un programma informatico che permetteva la ricerca per Comuni e località o numero di fotogramma, se noto. Questo "vecchio" database per anni è stato un valido aiuto che permetteva l'individuazione delle immagini in tempi relativamente brevi, ma il loro utilizzo richiedeva interventi manuali (fotocopie o digitalizzazione).

L'evoluzione che la tecnologia GIS ha avuto intorno all'anno 2000 ha permesso, in seguito, di ideare ed elaborare l'archivio come un sistema informativo, che consentiva di collezionare sia la documentazione grafica sia quella alfanumerica, permettendo la creazione dei collegamenti tra gli oggetti che lo costituiscono ed effettuando inoltre ricerche con modalità grafiche e non solo partendo da una *query* alfanumerica.

Progressivamente è cresciuta la consapevolezza che la disponibilità e l'immediatezza della documentazione foto-cartografica storica, una volta resa disponibile in formato digitale georeferenziato, immediatamente sovrapponibile ad ogni tipologia di strato informativo territoriale, mette tale patrimonio al servizio di un pubblico sempre più ampio di utenti e soprattutto dei soggetti preposti al governo del territorio, in particolare alla sua tutela e alla pianificazione dei cambiamenti e delle scelte. Si è così avuto un progressivo estendersi di accordi di collaborazione, siglati con altri Servizi Regionali, Dipartimenti universitari, Uffici del Ministero dei Beni Culturali e altri enti pubblici, che testimoniano l'importanza del lavoro svolto e di quello che è ancora da fare per una sempre maggiore consapevolezza delle dinamiche uomo-ambiente e delle responsabilità delle scelte antropiche nel determinare il futuro del nostro territorio.

Considerazioni sulla georeferenziazione di documenti storici

Come appena accennato, georeferenziare un documento storico, che sia una cartografia o una foto aerea d'epoca, vuol dire mettere a disposizione tale documento per una serie amplissima di utilizzi e di applicazioni, che si basano sulla facilità di confrontarlo con documenti attuali o di epoche diverse, e di sovrapporlo in modo semplice e 'immediato' alle basi più diverse.

Per non incorrere tuttavia in errori metodologici e in analisi superficiali di tali confronti, è necessario aver ben chiari alcuni presupposti metodologici del processo di georeferenziazione di tali documenti, che lo rendono peculiare.

Si deve infatti aver presente la natura stessa del documento utilizzato, che spesso offre livelli di precisione così elevati che possono destare stupore rispetto all'epoca in cui il documento fu redatto, ma che comunque non sono paragonabili a quelli di una fonte attuale. Questo 'vizio' d'origine è dovuto nel caso della cartografia sia, principalmente, al livello di precisione degli strumenti di rilievo, sia talora anche ad una certa tendenza dell'estensore della carta a 'regolarizzare' alcuni elementi in realtà molto meno rettilinei e precisi di quanto l'occhio del cartografo andava interpretando. È tuttavia un problema, quest'ultimo, forse molto più sensibile nelle prime cartografie, quelle che potevano giovare di una minore strumentazione, e quindi più soggette ad una schematizzazione 'ad occhio'. Si può confrontare, ad esempio, la carta del territorio di S. Agata Bolognese dell'arciprete Melega ("Disegno del Castello e Territorio di S. Agata, con la pianta reale

di tutti i beni Comuni de' Partecipanti di detto luogo, loro sito, e misure") del 1693 rispetto a quella redatta da Andrea Chiesa cinquant'anni dopo, dove già le strade assumono una complessità di percorso molto più vicina al vero (fig. 1).

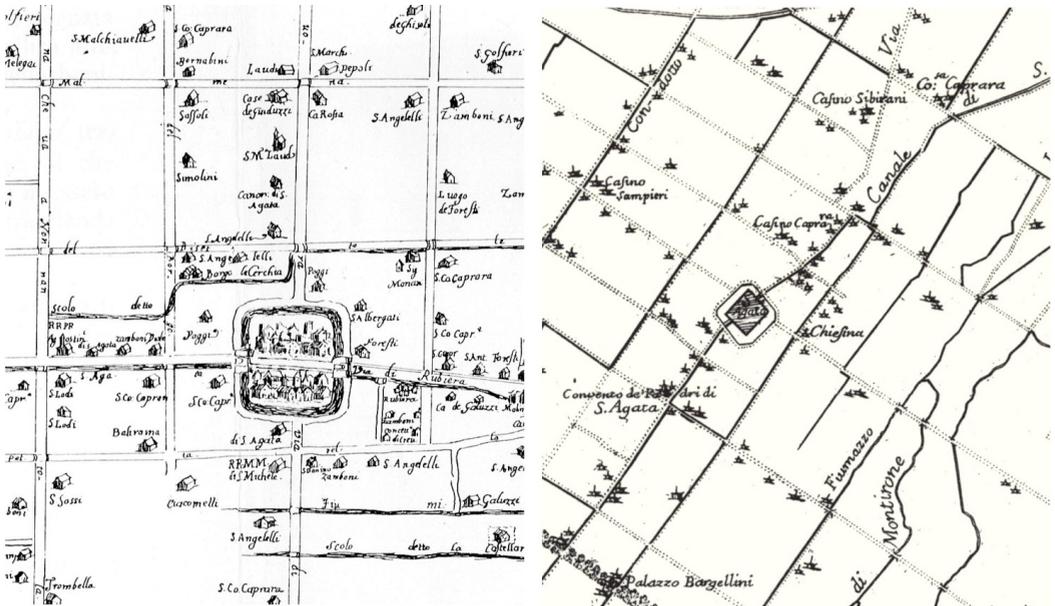


Figura 1 – Il territorio centuriato attorno a S. Agata Bolognese (BO) è rappresentato in modo molto più schematico nella carta del Melega (a destra) che in quella di A. Chiesa (a sinistra).

Il problema dell'interpretazione del rilevatore/cartografo, che tende a regolarizzare quello che 'inaspettatamente' non è regolare come dovrebbe essere, si perpetua nel tempo invece per documenti estranei a questo lavoro, come le planimetrie degli edifici storici o dei resti archeologici, fino all'avvento delle più recenti tecniche di rilievo.

Per quanto riguarda le foto aeree d'epoca, invece, il vizio d'origine talora è dovuto alla vocazione particolare delle riprese, come nel caso delle riprese RAF: quindi alle condizioni di contesto. Le fotocamere (fig. 2) usate per le riprese aeree nel periodo del secondo conflitto mondiale, sia pur nella loro notevole perfezione tecnica, scontavano le precarie condizioni di ripresa.

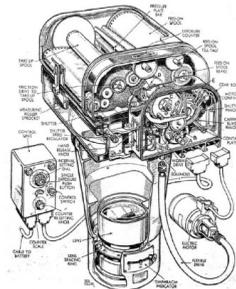


Figura 2 – Schema costruttivo della fotocamera Mk I – 7" x 7".

Lo scopo per cui venivano effettuate le riprese era sia l'individuazione degli obiettivi bellici da bombardare, sia il controllo a posteriore dei danni effettuati e la precisione del bombardamento (fig.3). Le riprese quindi non nascevano per dare origine a piani quotati ma per la riproduzione stereoscopica, quindi non aveva grande importanza l'esatta ortogonalità della ripresa e la costanza della quota, che avrebbero garantito una costanza della scala.



Figura 3 – Installazione delle fotocamere sui ricognitori R.A.F.

Le deformazioni ai bordi del fotogramma sono quindi inevitabili e creano numerosi problemi in fase di georeferenziazione. Oltre ai vizi di origine, il documento storico, nel passaggio dalla versione originale e quella digitale, soffre di ulteriori deformazioni dovute ai passaggi legati alla stampa, alla riproduzione e alla scansione, che necessariamente contribuiscono ad alterarne la precisione. In questo senso sarebbe opportuno cercare di acquisire un documento il più possibile prossimo all'originale, anche se spesso ciò è reso difficile da motivazioni di tipo economico, tecnico e talora legate direttamente alla conservazione degli originali.

È evidente che con questi limiti di precisione, a cui va ad aggiungersi necessariamente l'errore dovuto al procedimento stesso di georeferenziazione, a partire dalla difficoltà di reperire punti perfettamente omologhi, non ci si può aspettare una perfetta sovrapposibilità del documento storico. Si deve inoltre ricordare che nei progetti relativi all'Archivio fotografico dell'IBC si è proceduto alla sola georeferenziazione e non ad un'ortorettifica delle foto, ignorando quindi la deformazione dovuta alla morfologia del rilievo. La georeferenziazione di una carta storica o di una foto aerea d'epoca non va intesa quindi come mirata all'ottenimento di una base immediatamente confrontabile in modo automatico con gli strumenti più recenti, da cui sia possibile estrapolare degli elementi per un confronto geometrico e un riconoscimento automatizzato, ma, per l'errore insito in questa tipologia di operazione, come uno strumento per effettuare poi dei confronti "a vista", ossia da interpretare da parte di un operatore esperto che effettui un riconoscimento degli elementi modificati e di quelli invariati. Questa avvertenza tuttavia non sminuisce l'importanza di avere a disposizione uno strumento che permette di sovrapporre e confrontare con immediatezza le forme del paesaggio degli ultimi due secoli, ponendoci di fronte all'evidenza della portata dei cambiamenti che hanno coinvolto il paesaggio e l'ambiente in cui viviamo.

Metodologia di georeferenziazione di un singolo documento storico

Rispetto alla procedura standard di georeferenziazione di documenti recenti, nel procedere al posizionamento delle carte e delle foto dell'archivio storico IBC si è naturalmente dovuta adottare una metodologia specifica, a partire dalla difficoltà di riconoscimento, talora, del soggetto della carta, e più frequentemente della foto analizzata. Un grande contributo in questo senso è venuto dal lavoro pregresso di ordinamento dell'archivio, che ha portato a precedenti catalogazioni degli scatti, con indicati i Comuni e le zone di riferimento, e al posizionamento orientativo delle strisciate sui fogli dell'IGM. Tale lavoro, frutto di un impegno e di un'esperienza più che decennale, ha costituito la base fondamentale da cui partire nella maggioranza dei casi, mentre per le acquisizioni dei fondi più recenti, ad esempio per le foto RAF provenienti dall'Aerofototeca Nazionale, si disponeva comunque di primi elementi di identificazione.

Nei casi in cui il territorio è mutato in modo troppo radicale rispetto al momento della ripresa fotografica, ad esempio nelle zone di bonifica o a più forte urbanizzazione, anche una volta riconosciuta la zona di appartenenza della foto grazie al posizionamento della strisciata, si riscontra comunque la difficoltà di individuare elementi in comune tra il documento e la cartografia attuale.

In alcuni di questi casi si è reso necessario inserire un passaggio intermedio nel processo di georeferenziazione, per cui è stata caricata una cartografia più vicina all'epoca del documento e già georeferenzata, in cui è stato possibile riconoscere dei punti in comune con la foto. Questo procedimento implica naturalmente un aumento del margine di errore, perché si viene a collocare la foto su un documento che a sua volta ha subito una serie di passaggi (stampa/copia da originale, scansione, georeferenziazione). Esso tuttavia si è spesso rivelato necessario e molto efficace, ad esempio per il posizionamento di singoli fotogrammi degli scatti IGM degli anni Trenta, in cui la ristrettezza dell'area fotografata ostacolava ulteriormente la possibilità di riconoscere elementi immutati in aree a forte trasformazione. In questi casi si sono utilizzate le tavolette IGM di secondo impianto, di epoca abbastanza vicina al volo se non proprio create/aggiornate sulla base del volo 1931-1937. Tali tavolette infatti, coprendo ampie sezioni territoriali, erano sempre collocabili con precisione non difettando di punti di riferimento e a loro volta ne fornivano di specifici per il collocamento della foto.

In generale comunque il problema di individuare con precisione punti di riferimento che siano immutati è tra i principali di questo tipo di lavoro, e contemporaneamente permette, specialmente a livello didattico, di riconoscere delle tendenze evolutive dei singoli segni del paesaggio, naturali ed antropici. In generale, com'è ovvio, questi ultimi sono più precisi dei primi, che tendono a modificare la propria posizione con una certa continuità. Si pensi ad esempio ai corsi d'acqua, quando non completamente artificializzati come taluni canali arginati. L'utilizzo di elementi naturali è quindi da riservare sostanzialmente ai casi in cui non esistano alternative, ad esempio in alcuni paesaggi deltizi anteriori alla bonifica, dove si è reso necessario correlare gli elementi affioranti, ad esempio isole fluviali, riconoscibili con una discreta approssimazione sulla cartografia coeva. Per quanto riguarda gli elementi antropici, si può osservare in linea generale come i manufatti di maggior impegno, strutturale ed economico, siano quelli più stabili nel tempo, come ad esempio, tra gli edifici, i monumenti e i luoghi di culto. Le singole case, invece, sono più frequentemente sottoposte a ristrutturazioni che ne alterano i confini e le rendono meno affidabili come punti di riferimento. Per quanto riguarda gli assi stradali, essi sono generalmente tra i punti di riferimento più affidabili e riconoscibili, in particolare per quanto riguarda gli incroci. Si deve tener conto però che questi ultimi spesso sono stati modificati per le esigenze della viabilità moderna, ad esempio allargati od arrotondati (fig. 4), per cui si deve porre particolare attenzione ad individuare un punto dell'incrocio ben riconoscibile, ad esempio il centro od un angolo non toccato. Molto utili come punti di riferimento, quando sono presenti, sono anche i ponti, che tendono a rimanere stabili nel tempo e semmai a modificare, attraendoli, gli elementi del paesaggio circostanti.



Figura 4 – Antico incrocio centuriale della campagna bolognese.

Per i motivi di deformazione insiti nei documenti storici e accennati nella premessa, risulta difficile stabilire un limite di accettabilità dell'errore registrato in fase di georeferenziazione. Ogni serie naturalmente ha un suo margine di tollerabilità, legata alle sue specifiche caratteristiche di rilievo o di ripresa, ma si può osservare in generale che a livello statistico si registra un errore crescente man mano che si inseriscono nuovi punti di riferimento. Paradossalmente, cioè, raffittendo la rete di riferimento, il risultato appare peggiore, poiché il sistema rileva maggiormente l'errore insito nel documento di base. Tuttavia è evidente che a fronte di questo apparente peggioramento, il risultato è invece decisamente più accurato, andando a correggere tutti i singoli settori della foto, purché si mantenga sempre una distribuzione equilibrata dei punti e non si concentrino unicamente nelle zone più problematiche.

I problemi posti dal processo di georeferenziazione di un documento storico possono essere meglio descritti esaminando l'impostazione metodologica data ad un caso specifico affrontato nel nostro progetto.

L'attività di georeferenziazione delle fotografie aeree RAF del 1943/45 è partita dalla scelta della base cartografica di riferimento su cui riconoscere i punti omologhi di posizionamento, dal metodo di georeferenziazione e dai vincoli che il tipo di fruizione del documento storico pone.

Si è scelto di usare:

- per lo sfondo cartografico: la C.T.R. 1:5.000 prodotta dalla Regione Emilia-Romagna
- per la georeferenziazione: il *software* ESRI ArcGIS 9.3.1
- per la metodologia: la trasformazione affine definita, in ambiente ArcGIS, come “*1st Order Polynomial (Affine)*” una trasformazione piana definita da 6 parametri cioè una rototraslazione con variazione anisotropa di scala e scorrimento angolare (fig. 5)

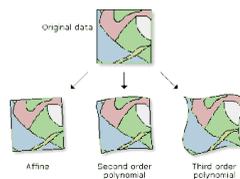


Figura 5 – ESRI, Metodi di trasformazione.

La scelta, come sfondo cartografico, della C.T.R. 1:5.000 è dettato dal fatto che è la base cartografica di riferimento a grande scala disponibile sia come singoli elementi *raster* sia come servizi di mappa *Web* (WMS), molto precisa come georeferenziazione e con un contenuto informativo adeguato per un accurato riconoscimento del territorio, disponibile ed omogenea su tutto il territorio regionale.

Il software ESRI è lo standard di riferimento GIS nell'Ente Regione Emilia-Romagna, ed è il sistema con cui sono stati sviluppati tutti i servizi esposti dall'infrastruttura geografica regionale.

La trasformazione affine è il sistema che meglio mantiene le proporzioni dell'immagine originale.

Per alcune “strisciate” localizzate ai confini regionali ed oltre, non coperte dalla cartografia regionale (per esempio la zona del comune di Luzzara in provincia di Reggio nell'Emilia confinante con la provincia di Mantova), è risultato molto utile, per georiferire i singoli fotogrammi, accedere ai servizi cartografici web esposti dalla Regione Lombardia.

Il riconoscimento dei punti omologhi per la georeferenziazione è risultato spesso complicato dal profondo cambiamento dell'aspetto del territorio, la viabilità è totalmente cambiata, le aree agricole erano caratterizzate da una parcellizzazione molto fitta tipica della “piantata padana” oggi scomparsa, il reticolo fluviale ha subito modifiche naturali ed artificiali.

L'operatore, quindi, si è trovato a dover riconoscere un territorio dove le “tracce” dell'aspetto del documento storico sono quasi scomparse.

Un aiuto importante al posizionamento ed al riconoscimento di strutture naturali od artificiali sopravvissute al tempo è dato dal confronto dello sfondo cartografico georeferenziato alla medesima scala del documento storico originale, prima della georeferenziazione. Il concetto potrebbe sembrare semplice ma la sua soluzione non risulta così immediata. Nel caso di una foto storica la scala può essere definita attraverso metodi alternativi: il rapporto tra la quota e la focale della camera di ripresa, il confronto tra la cartografia di riferimento e la foto oppure il confronto con un oggetto noto. Nel caso delle foto RAF, il cui scopo principale era la riproduzione stereoscopica della superficie del terreno, la ripresa era quanto più possibile ortogonale, pur nelle precarie condizioni di ripresa dato il contesto bellico; quindi si può, con relativa sicurezza, applicare il metodo del rapporto tra la quota e la focale per ricavare la scala media del fotogramma.



Figura 6 – Esempio di Data strip.

I dati che servono per questo calcolo possono essere ricavati dalla fascia presente nei fotogrammi detta “Data strip” (fig.6); in questo esempio, tratto da una foto RAF del 1944, si evince tra l’altro, che la focale della fotocamera è 20” (F/20”) e che la quota assoluta è 22.000 piedi. Procedendo si trasformano in metri la focale (focale * 0.0254) e la quota di volo (quota * 0.3048), successivamente si stima l’elevazione media del terreno dalla cartografia di riferimento, in questo caso circa 34 metri.

La scala media di un fotogramma è il rapporto fra la distanza di due punti sul fotogramma df e la loro distanza sul terreno dt ; questo rapporto equivale al rapporto tra la distanza focale dell’obiettivo della fotocamera f e la quota relativa (quota di volo-quota terreno) Q :

$$df/dt = f/Q$$

Quindi la scala del fotogramma ($1/x$) si ottiene con la seguente proporzione:

$$1 : x = f : Q$$

$$x = 6671,6 * 1 / 0,508$$

quindi la scala media del fotogramma dell’esempio risulta di circa 1:13.100 (fig.7)

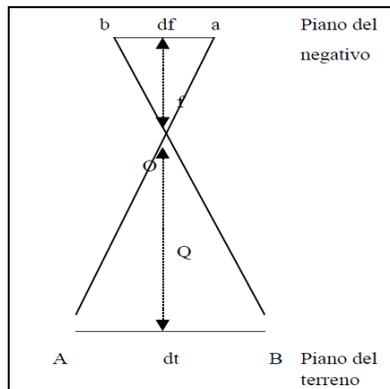


Figura 7 – Schema del rapporto tra focale e quota di volo.

Calcolata in questo modo la scala del fotogramma si cerca di identificare l’area sulla cartografia di riferimento portata alla medesima scala. Si procede ad un primo, grossolano, posizionamento dell’immagine portandola a sovrapporsi all’area identificata (*fit to display*); si ruota l’immagine al

fine di allineare le forme morfologiche e quindi si passa alla vera e propria scelta dei punti omologhi: con lo strumento “*Add control points*” si seleziona un punto sull’immagine ed il corrispondente sulla cartografia, ripetendo l’operazione per un numero sufficiente di punti in modo da ottenere una buona corrispondenza di tutta l’immagine. L’operazione termina di solito con la selezione di almeno 12 – 16 punti distribuiti con una buona uniformità sulla foto ma scelti in modo da evitare le aree maggiormente deformate poste ai margini. Queste operazioni portano ad un adattamento dell’immagine alla cartografia mantenendo il più possibile immutati i rapporti di dimensione. Al termine si salva un file (*world file*) di georeferenziazione che permetterà di riposizionare l’immagine nello spazio; si è scelto di salvare regolarmente il *world file* (*tfw*), anziché un creare una nuova immagine *raster* in formato *geotiff* contenente i riferimenti spaziali e del sistema di riferimento, per ampliare le possibilità di interscambio dei dati. Sono inoltre sempre stati salvati i punti di controllo utilizzati, per permettere una revisione a posteriori del lavoro.

Problemi di mosaicatura

La georeferenziazione di documenti in formato *raster* (foto o rappresentazioni del territorio) di norma sfocia in una mosaicatura dei singoli documenti per costruire un continuo territoriale utilizzabile per il confronto con altre basi dati. Nel caso dei documenti storici lo stato del documento rasterizzato o i metodi imprecisi di produzione dell’immagine originale impediscono, in molti casi, una georeferenziazione sufficientemente precisa che permetta una mosaicatura soddisfacente. In questi casi per sfruttare il contenuto informativo del documento storico si utilizza la tecnica del “fotoindice” nato specificamente per la consultabilità delle strisciate stereoscopiche delle foto aeree, ma per analogia estese a tutte quelle situazioni che non permettono altro sistema. Durante la georeferenziazione del documento storico l’operatore, una volta posizionata l’immagine, traccia, su uno strato vettoriale poligonale, una “*box*” che la contiene precisamente; quindi compila i campi della tabella corrispondente alla geometria creata con i metadati di riferimento. Al termine delle operazioni si ottengono due prodotti cartografici: una serie di immagini georiferite, ed uno strato poligonale collegato. Questo risultato permette di navigare attraverso applicazioni GIS (*desktop o web*) lo sfondo cartografico con sovrapposto lo strato del fotoindice quindi selezionata l’area di interesse, interrogando il fotoindice si può visualizzare sovrapposto al territorio l’immagine georeferenzata del documento scelto.

Questo sistema è molto utile nelle applicazioni cartografiche web che, di norma, sono dotate di pochi strumenti per modificare l’ordine o il metodo di visualizzazione degli strati cartografici, oltre al vantaggio di caricare immagini *raster* (di solito impegnative dal punto di vista delle risorse) solo quando necessario.

Le foto della RAF non sono state mosaicate a causa della natura stessa della foto, che come è stato accennato in precedenza, presenta una quota non sempre costante, quindi una variabilità di scala a seconda delle strisciate; inoltre la non ortogonalità della foto, specialmente in territori montani, rende molto difficile ed onerosa la mosaicatura. Per la fruizione del prodotto sono stati pensati due sistemi di consultazione: un *Webgis* che permette la navigazione e l’interrogazione del foto indice con la possibilità di visualizzare l’immagine collegata all’area selezionata, ed un sistema integrato nel portale geografico regionale dove apprezzare il mutare del territorio visualizzando l’intero patrimonio di immagini aeree e satellitari storiche (tra cui anche le foto RAF del 1943/45), agendo su un controllo temporale.

Un caso in cui invece è stato possibile procedere alla mosaicatura è stato quello della cartografia preunitaria, che dopo essere stata georiferita è stata mosaicata in un unico continuum territoriale sulla regione e poi “ritagliata” in base ai tagli in scala 1:50.000, per creare dei fogli con il medesimo taglio della cartografia moderna. La mosaicatura ha presentato una serie di problemi, che sono stati risolti con aggiustamenti lungo il confine tra carte adiacenti. Il tematismo era piuttosto omogeneo a causa della natura stessa della carta, che derivava da una generalizzazione omogenea effettuata dall’istituto cartografico austriaco alla sua pubblicazione. I problemi geometrici di attacco che si sono presentati erano derivati dalle deformazioni generate sia dal tempo che dalla

georeferenziazione stessa; la soluzione di questi problemi è stata effettuata con aggiustamenti cartografici che hanno modificato leggermente la forma degli oggetti, in modo che gli estremi di un oggetto tagliato dal bordo della carta potessero combaciare. In alcuni casi è stata riscritta o sfoltita la toponomastica che risultava doppia o sfalsata dopo l'attacco delle carte.

Problemi di vettorializzazione

Vettorializzare una cartografia storica, estraendone i diversi livelli informativi e associandoli a informazioni alfanumeriche, permette di arricchire enormemente le possibilità di consultazione, ad esempio potendo ricercare un toponimo o una tipologia di elementi. Tale operazione, oltre che un notevole impiego di tempo, richiede spesso di interpretare il documento antico, per attribuire i segni a determinate categorie, specie qualora la legenda non sia chiaramente delineata, o sia necessario far corrispondere delle categorie 'storiche' con quelle attualmente in uso, per poter effettuare dei confronti. Un esempio importante di questo sforzo ermeneutico è quello dell'estrazione delle categorie dell'uso del suolo dalla carta storica preunitaria in cui per una corretta interpretazione si è dovuto ricorrere anche a fonti ancillari, le cartografie acquerellate dell'istituto cartografico austriaco. Nonostante le quali sono rimasti comunque dei casi dubbi, come l'interpretazione delle aree prive di simbolo nelle zone montane, che ha costretto ad una forzatura interpretativa, riunendo in un'unica classe le voci dei prati, dei cespuglieti e degli arbusteti, in quanto aree non contrassegnate dal simbolo indicante il bosco. Questo tipo di aggregazione non ha potuto tener conto delle eventuali aree coltivate, sicuramente presenti anche in montagna, che non sono state rilevate dai topografi austriaci. In questo senso un'importante occasione di verifica potrebbe essere offerta dal confronto con i dati del coevo Catasto Ducale, realizzato fra il 1809 e il 1825. Se già questo tipo di vettorializzazione richiede un forte investimento di risorse, si deve tener conto che, come delineato in premessa, la georeferenziazione di documenti aerofotografici e cartografici storici avrà sempre un margine di errore più o meno consistente, e quindi solo con una vettorializzazione che posizioni gli elementi ritenuti significativi su una cartografia attuale si può giungere ad una piena confrontabilità automatica, oltre che alla possibilità di interrogare i singoli elementi.

Una procedura accurata di vettorializzazione su base cartografica attuale è ancor più impegnativa della precedente, perché comporta un continuo lavoro di confronto fra la fonte di informazioni e la base su cui vanno riportate, senza poter procedere ad un semplice 'ripasso' delle linee esistenti sulla fonte. Essa è stata operata in alcuni casi particolari di studio, come ad esempio per le principali informazioni contenute nel settore bolognese del catasto Gregoriano. Con il progetto «Memoria dei siti», tra il 1990 e il 1997, sono infatti state riportate sulla Carta Tecnica Regionale, prima in formato cartaceo e quindi vettoriale, tutte le informazioni riguardanti i confini delle comunità parrocchiali, la viabilità esistente all'inizio dell'Ottocento, la localizzazione dei centri abitati, gli insediamenti sparsi, gli andamenti dei corsi d'acqua principali e minori, dei canali e degli scolli; per quanto riguarda strade e fiumi/torrenti, lavorando sulla base cartografica originale e su quella attuale, è stato possibile distinguere i tratti tuttora vitali da quelli scomparsi.

Per la carta della pianura bolognese redatta da Andrea Chiesa si è proceduto ad una completa vettorializzazione, si è cioè ridisegnato sulla cartografia attuale ogni singolo elemento della carta storica, per posizionarlo con la maggiore precisione possibile, distinguendo fra gli elementi conservati nel paesaggio attuale e quelli scomparsi. Ad ogni elemento sono state quindi associate le informazioni testuali ad esso relative, in modo che sia possibile fare ricerche e classificazioni sulla base dei nomi e della tipologia. Per fare un unico esempio, all'interno dei 16.000 insediamenti sparsi sul territorio, ciascuno individuato da un simbolo nella cartografia del Chiesa, a cui è stato fatto corrispondere un punto sulla carta, circa mille siti dispongono di informazioni testuali, che ne possono indicare la proprietà (ed è quindi possibile rintracciare all'interno del nostro database i possedimenti di ogni famiglia) e/o la tipologia, che ha permesso di riconoscere diverse macrocategorie (edifici sacri, pubblici, privati) e la destinazione d'uso (edifici residenziali, come case, casini, palazzi, castelli e collegi; legati direttamente alla produzione agricola, come barchesse, casoni, cascine, cure, caselle, mense; produttivi in senso più ampio, come mulini, fornaci, cartiere,

magazzini ed osterie). Anche sotto quest'ultimo aspetto è quindi possibile individuare in modo estremamente facile e rapido tutti i mulini, o i palazzi senatori, ecc. Anche nel caso della carta del Chiesa, come per la cartografia preunitaria, ci si è trovati di fronte a problemi di classificazione degli elementi grafici, come ad esempio le rappresentazioni dei percorsi stradali, che oscillavano da uno standard di una doppia linea puntinata a una linea puntinata semplice, che sembra indicare alcuni tratti minori, a una doppia linea con una maggiore distanza fra le due serie di punti, in cui è stata riconosciuta l'indicazione di un viale di accesso ad una villa (fig. 8).

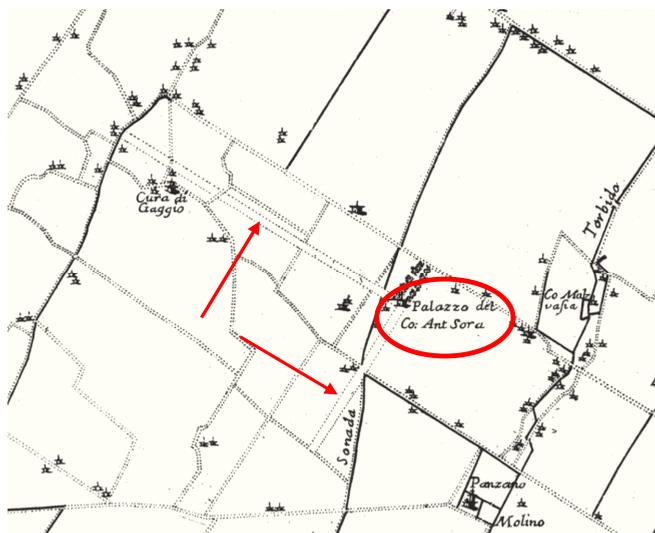


Figura 8 – Particolare della carta di A. Chiesa a N-W di Castelfranco.

Talora i problemi interpretativi posti dalla carta del Chiesa erano relativi anche allo scioglimento delle abbreviazioni, come ad esempio l'indicazione 'B.', normalmente accompagnata da un epiteto legato al nome di una famiglia (B. Ghisilieri, Zambeccari, Panfilia...) o collegata ad un luogo o elemento del paesaggio (B. della Pieve, del Canalazzo, di Bagno...), che si può sciogliere, essendo una volta indicato per intero, con la parola 'Botta/botte', che è tuttavia di dubbia interpretazione.

Dal punto di vista metodologico quindi si può osservare come il procedimento di vettorializzazione ampli enormemente le possibilità di utilizzo di una cartografia storica, ma introduca un ulteriore livello interpretativo e soggettivo, sia nell'accuratezza del disegno che nell'interpretazione e categorizzazione dei segni, che va a sovrapporsi a quello del cartografo nell'atto dell'estensione della carta originale. Si potrebbe dire quindi che una carta storica vettorializzata sia "un'interpretazione di un'interpretazione", e ciò va sempre tenuto presente nel suo utilizzo.

Sviluppi futuri

Obiettivo principale del progetto, allo stato attuale, è di giungere ad una piattaforma di consultazione cartografica online del patrimonio che è stato georeferenziato. Tale piattaforma è in fase di definizione sulla scorta dell'ampia esperienza sviluppata in questo settore dal Servizio Sviluppo Amministrazione Digitale e Sistemi Informativi Geografici. Il WebGIS di navigazione ed interrogazione del patrimonio storico, sarà sviluppato con gli strumenti già in possesso della Regione Emilia-Romagna e sarà basato sul Content Management System (CMS) Moka (un gestore di contenuti cartografici pubblicati via WEB) che permette di integrare dati cartografici complessi in modo facile ed intuitivo, navigabili con dei semplici tool di posizionamento cartografico ai quali l'utenza di tali sistemi è ormai ampiamente abituata.

Sarà così possibile un immediato confronto fra documenti afferenti a periodi diversi, sovrapponibili e leggibili 'in trasparenza'. La piattaforma dovrà essere basata sulla massima facilità di utilizzo ed interoperabilità, in modo da garantire un uso il più possibile ampio e diffuso anche da parte di utenti non di settore, ad esempio, in primis, di tecnici della pianificazione e dei beni culturali.

In prospettiva il sempre più ampio diffondersi di sistemi di visualizzazione in tre dimensioni costituisce un'opportunità indubbiamente da cogliere per presentare in modo efficace l'evolversi delle strutture del paesaggio, in primo luogo sovrapponendo foto e carte storiche ai modelli tridimensionali del terreno attuali, quando non sia possibile estrarre dei modelli ad esse coevi, ad esempio ricavandoli dalle quote presenti nelle medesime cartografie.

In vista di tale obiettivo, ad esempio, sono state acquisite grazie alla collaborazione con l'Aerofototeca Nazionale più di 600 foto della RAF appartenenti a strisciate scattate lungo la via Emilia, e che coprono quasi interamente il percorso dell'antica via consolare. Pur risalendo a poco più sessant'anni fa, tali foto restituiscono un'immagine completamente diversa da quella attuale, in cui gli spazi a ridosso della strada sono quasi totalmente saturati. Sarà quindi possibile, nelle nostre intenzioni, effettuare un "volo virtuale" sulla via Emilia in cui le campagne ancora si affacciavano sulla strada, incrociando con essa i loro cardini centuriali, e le città avevano ancora forme e confini riconoscibili nella loro storicità di perimetri medievali e prime espansioni extraurbane.

Bibliografia

Barbieri A. (1975) - *L'antichissima terra di Sant'Agata Bolognese* - Tamari, Bologna, p. 50

Venturi S. (1992) a cura di - *La carta della pianura bolognese di Andrea Chiesa (1740-1742)* - Casalecchio di Reno, Bologna

Di COCCO I., Franceschelli C., Giorgi E. (2002) - *Rilievo tradizionale e moderne metodologie. Il caso dell'Insula del centenario a Pompei*, in *Geomatica per l'ambiente, il territorio e il patrimonio culturale (Perugia 5-8 novembre 2002)* - Atti della Sesta Conferenza Nazionale ASITA, Varese, vol. II, p. 1046

Garberi M.L., Campiani E., Vigilante E. (2007) - *Il database dell'Uso del Suolo "Storico" della Regione Emilia-Romagna derivato dalla cartografia preunitaria (1828 -1853)* - Atti 11 ° Conferenza Nazionale ASITA, Torino, 6-9 Novembre 2007, Vol. II, 1169-1174

Campagnoli P., Di Cocco I., Giorgi E. (2009) - *Popolamento e assetto del territorio in età romana nella valle dell'Esino*, in *Fabriano e l'area appenninica dell'alta valle dell'Esino dall'età del bronzo alla romanizzazione. L'identità culturale di un territorio fra Adriatico e Tirreno* - Atti del Convegno di studi di archeologia (Fabriano (AN) Complesso di San Domenico 19-20-21 maggio 2006), a cura di Mara Silvestrini, Tommaso Sabbatini, Ancona, p. 256

Di Cocco I. (2009) - *L'evoluzione ambientale della pianura bolognese: il contributo dello studio della carta di Andrea Chiesa (1740-42)* - in *Sistemi centuriali e opere di assetto agrario tra età romana e primo medioevo. Aspetti metodologici, ricostruttivi ed interpretativi*. Atti del Convegno internazionale, Borgoricco (Padova) – Lugo (Ravenna), 10-12 settembre 2009 c.s.

Ortali J. (2010) - *La centuriazione "arrotondata"*, in *Centuriazione e Territorio. Progettazione ed uso dell'ambiente in epoca romana tra Modena e Bologna* - a cura di Diana Neri, Cristina Sanguineti, Castelfranco, pp. 130-132

Colò L., Di Cocco I., Garberi M.L., Belvederi G. (2011) - *MOKartografia storica: un web-gis per la cartografia prima dell'unità d'Italia* - Atti 15° Conferenza Nazionale ASITA, 15 – 18 novembre 2011, Reggio di Colorno, c.s.