

CARTOGRAFIA NUMERICA INTEGRATA PER LE SCALE 1:2.000 – 1:5.000 – 1:10.000 – 1:25.000

Gabriele FERRANTI* Ambra CIARAPICA*
Mario FONDELLI** Gianfranco VERCESI***

* Regione Umbria, SITER, Via M. Angeloni 61 - 06124 Perugia
Tel. 075/5045916/5909- Fax 075/5045566 - E-mail siter@regione.umbria.it

** Docente IUAV-SIT di Venezia Via Iacopo Nardi, 50 -50132 Firenze
Tel: 055-243898 Fax:055-243898 E-mail: fondelli@dada.it

*** Università degli Studi di Perugia , Facoltà di Ingegneria Via Duranti, 93
06125 PERUGIA Tel: 075-5853721 E-mail: giafraver@tiscalinet.it

Riassunto

Nell'ambito dell' "Accordo sul sistema cartografico di riferimento", in coerenza con quanto previsto dall'Intesa Stato – Regioni – Enti locali, la Regione Umbria nel realizzare un proprio progetto di cartografia numerica integrata finalizzato alla congruenza del DB topografico per le scale 1:2000 – 1:5000 – 1:10.000 – 1:25.000, presenta i risultati di questa prima sperimentazione.

A tale scopo è stato redatto un Capitolato Speciale di Appalto che, tenendo conto dei progressi tecnologici e metodologici recentemente conseguiti nel campo geodetico ed in quello della aerofotogrammetria, intende rinnovare il processo di formazione della cartografia tecnica regionale numerica alla scala 1:5000, mediante l'utilizzo del GPS per l'inquadrimento geometrico dei lavori ed una acquisizione delle immagini fotogrammetriche aeree molto più ricca di contenuti metrici ed informativi, al fine di semplificare le operazioni di formazione della cartografia medesima e di ridurre altresì i relativi costi di produzione.

E questo, soprattutto in vista di una integrazione degli stessi contenuti metrici e tematici, mirata ad incrementare il relativo database geografico, per consentire delle amplificazioni grafiche, fino alle precisioni formali proprie delle carte tecniche e tematiche a grandissima scala, come quelle di interesse urbano alla scala di 1:2000.

Il progetto aggiorna e integra la consolidata normativa tecnica regionale ed avvia inoltre, insieme alla formazione della cartografia tecnica regionale numerica, anche la formazione di un database georeferenziato dei diversi dati territoriali acquisiti, utile sia alla messa a punto di un sistema informativo geografico, da cui derivare cartografie alle scale di 1:10.000 ed 1:25.000, che rappresentazioni grafiche alla scala di 1:2.000. Scala, quest'ultima, immediatamente rapportabile alla preesistente cartografia catastale, avendo a tal fine, opportunamente incrementato la necessaria precisione intrinseca, metrica ed informativa.

Abstract

Within the "Accord in the reference of cartographical system "coerently what is expected by State – Regions – State-run organizations – Umbrian region to realize an own project of integrated digital cartography finalized at the congruency of DB map on the scale of 1 to 2.000 – 1 to 5.000 1 to 10.000 – 1 to 25.000, presents the results of this first experimentation.

For this purpose, it was drawn up a document, Special tender-Contract paying attention to both technological and methodological progress recently achieved in the geodetic and aerophotogrammetry fields, it gives to renew the process of CTR formation on the scale of 1 to

5.000 by using the GPS for the geometrical framing and the acquisition of airy photogrammetric imagery loaded with metrical and informative contents to simplify cartographical formation of the same cartography and to cut down production expenses. All this it's especially in view of an integration of metrical and thematic contents, aimed to promote the concerning geographical DB, to allow graphic enlargements as for as the formal typical precision of technical and thematic maps in a big scale as those of urban interest (scale 1 to 2.000).

The project updates and makes up consolidated set of technical rules and starts with the CTR formation and the formation of a georeferencial DB for different territorial data acquired, useful whether for the setup of a Geographical System from which follow maps on the scale of 1 to 10.000 and 1 to 25.000, or graphical representations on the scale of 1 to 2.000. The latest scale, is immediately referable to the pre-existing cadastral cartography, having increased the metrical and informative exactness too.

1. Generalità

I crescenti sviluppi dell'informatica applicata al territorio hanno progressivamente aperto nuovi orizzonti e offerto nuove possibilità alla gestione dinamica delle vicende territoriali.

Un'ampia gamma di prospettive che ha come presupposto una sempre più approfondita conoscenza dinamica dello stato di consistenza delle diverse situazioni territoriali ed ambientali e dei *trends* che potrebbero alterarlo a breve, medio e lungo termine.

Come noto, la corretta conoscenza geografica del territorio e delle sue risorse naturali ed umane rappresenta un elemento fondante nella formulazione di interventi di coordinamento e sviluppo a carattere territoriale. E niente più della *cartografia tecnica regionale numerica* sembra attualmente in grado di meglio contribuire ad arricchire e rinnovare questo prezioso patrimonio di conoscenze.

L'avviato processo di informatizzazione della cartografia, che ha consentito di passare da una rappresentazione meramente convenzionale del territorio, ad una rappresentazione informatizzata dello stesso, ha modificato invero radicalmente il ruolo di questo strumento conoscitivo.

Risulta pertanto logico che in questo contesto, vengano rivedute ed ampliate le possibilità di utilizzo della cartografia numerica, soprattutto in considerazione che, nel suo insieme, essa definisce soprattutto un prezioso *database geografico* suscettibile di maggiori sviluppi nell'acquisizione, nella gestione e nella fornitura di informazioni geografiche di interesse generale.

Ed è appunto per rispondere alla crescente domanda di informazioni geografiche mirate, che la Regione Umbria, accogliendo un programma dell'*Intesa Stato Regioni ed Enti locali* ha dato avvio a questa nuova tipologia di cartografia tecnica regionale integrata.

Un prodotto informativo teso a soddisfare, nel contempo, sia le esigenze di sintesi dell'Amministrazione pubblica regionale, che le esigenze di analisi delle Amministrazioni pubbliche locali collegate.

Un progetto mirato che, tenendo conto dei progressi tecnologici e metodologici recentemente conseguiti nel campo geodetico, in quello della aerofotogrammetria, in quello della gestione informatizzata dei dati, ha inteso rinnovare tutto il processo di formazione della cartografia tecnica regionale numerica alla scala 1:5000.

Nei DB topografici sin qui realizzati è presente infatti una consolidata componente equivalente alla realizzazione di cartografia topografica numerica, cioè di DB vettoriale finalizzato alla rappresentazione cartografica e di immagini *raster* ed una componente meno consolidata di organizzazione dei dati in una logica di sistema informativo, con possibilità cioè di integrarli con DB di tipo gestionale.

Con questo nuovo approccio e non solo la Regione Umbria ha inteso realizzare un data base topografico a scala di acquisizione 1:5000, da cui è possibile derivare cartografie alle scale 1:10.000 ed 1:25.000, nonché rappresentazioni grafiche alla scala 1:2.000.

Tale risultato è raggiungibile attraverso una nuova organizzazione dei dati territoriali acquisiti, con un inquadramento geometrico dei lavori molto più preciso ed affidabile rispetto alla consolidata

prassi operativa tradizionale e con una acquisizione delle immagini fotogrammetriche aeree molto più ricca di contenuti metrici ed informativi di quella ritenuta finora più appropriata.

2. Il progetto

Per la messa a punto del nuovo capitolato ci si è sostanzialmente riferiti alle “*Norme della Commissione Geodetica Italiana per la Carta tecnica alla scala 1:5000*”, e al “*Capitolato d’oneri per la determinazione delle coordinate plano-altimetriche della maglia primaria dei punti fiduciali*” suggerito dal Dipartimento del Territorio del Ministero delle Finanze. Due documenti che si integrano pertanto nelle prescrizioni tecniche messe a punto, al fine specifico di realizzare un elaborato informativo utile, come già notato, sia per le analisi che per le sintesi territoriali.

Qualche problema ha sollevato comunque, nella redazione del relativo capitolato di oneri, l’inserimento delle raccomandazioni sviluppate dal generico documento “*Indicazioni di inquadramento e riferimento per la realizzazione delle base dati geografiche corrispondenti alle scale 1:1000, 1:2000, 1:5/10000 e 1:25000*”, diffuso in data 26 ottobre 1999 dal Comitato Tecnico di Coordinamento dei Sistemi informativi geografici, dato che rimangono purtroppo, in questo stesso documento, ancora non ben precisati, vari aspetti del proposto nuovo sistema cartografico di riferimento nazionale.

Motivo per cui, il capitolato medesimo ha mantenuto, nel suo complesso, una redazione di tipo ancora sperimentale rimanendo con questo ancora aperto ad ulteriori possibili contributi che avrebbero dovuto definirsi in corso d’opera ed in prosieguo di tempo, soprattutto per quanto riguarda la prevista derivazione della cartografia alle minori scale di 1:10.000 e di 1:25.000.

2.1 Precisioni cartografiche

Considerate le predette finalità della cartografia, le prescrizioni tecniche si sono preoccupate di abbassare convenientemente la quota relativa del volo di presa aerofotogrammetria, in maniera da realizzare una scala dei fotogrammi pari a 1:10.000, sufficiente ormai a garantire, mediante l’impiego di camere metriche dotate di dispositivo *FMC (Forward Motion Compensation)*, una risoluzione ottica dell’ordine di *60 linee per mm AWAR (Area Weighted Average Resolution)* corrispondente ad una dimensione minima di $6\mu m$, utile a realizzare ingrandimenti fotografici superiori almeno alle *10x*.

Per il raffittimento dei punti di inquadramento geodetico è stata prescritta l’applicazione sistematica della metodologia GPS, capace di assicurare precisioni dell’ordine di $\pm 0,05 m$ nella determinazione della posizione dei punti. Precisioni richieste appunto dalla cartografia tecnica alla grandissima scala.

Applicando il sistema GPS, sono state così raccomandate determinazioni in tripla differenza, osservando in continuità almeno 5 satelliti per ogni sessione di misura, eseguita con il *metodo statico*. Satelliti da osservare ad un’altezza sull’orizzonte naturale del ricevitore GPS non inferiore ai 15° e per una durata atta a garantire il consolidamento dei parametri di precisione $PDOP \leq 3$ (Diluizione della precisione relativa alla posizione spaziale tridimensionale) e $GDOP \leq 4$ (Diluizione della precisione relativa alla geometria satelliti-ricevitore), verificando comunque tempi minimi di osservazione correlati sempre alla lunghezza delle *baselines*, mai inferiori a 30 minuti.

Il trattamento dei dati osservati con idoneo programma di calcolo e la compensazione della maglia osservata si appoggiano sempre sulle coordinate dei punti della rete IGM95 utilizzati. I risultati ottenuti dalla campagna di misure GPS sono ricondotti al sistema cartografico nazionale Gauss-Boaga ed al sistema cartografico UTM-WGS84.

Le verifiche di omogeneità ed affidabilità plano-altimetrica dei punti utilizzati per l’inquadramento sono estese ad almeno il 20% dei punti prescelti. La posizione planimetrica dei punti esaminati, riferita ai vertici più vicini della rete geodetica, deve essere contenuta entro la tolleranza di $\pm 0,10 m$; mentre la distanza D' espressa in metri, tra due punti della rete, ottenuta attraverso le coordinate riportate sulle monografie e la distanza D in metri, tra gli stessi punti, ricavata attraverso misure eseguite nelle operazioni di controllo, deve soddisfare la relazione:

$$(D' - D) \leq \pm 0,15 \text{ m.}$$

La relativa posizione altimetrica è definita con un errore in quota contenuto sempre entro una tolleranza di $\pm 0,20 \text{ m}$.

Le quote di tutti i punti della rete di inquadramento sono ottenute per rideterminazione (o per prima determinazione, come nel caso dei punti catastali) dei dislivelli mutui sempre con osservazioni sovrabbondanti.

La quota di riferimento, sul livello medio marino, è derivata da uno o più caposaldi della rete altimetrica nazionale dell'Istituto Geografico Militare, mediante livellazione geometrica di precisione, verificando la tolleranza di $\pm 3,5 \cdot \sqrt{D} \text{ mm}$ con D lunghezza in km della linea livellata.

Per le posizioni planimetriche dei punti della nuova Carta Tecnica Regionale Numerica sono stabilite di norma le seguenti tolleranze:

- la differenza tra le coordinate N' ed E' di un punto isolato P del terreno, memorizzate nell'archivio magnetico o dedotte per interpolazione dall'elaborato numerico medesimo e le relative corrispondenti coordinate N ed E determinate direttamente sul terreno con le stesse operazioni topografiche descritte nel seguito, devono soddisfare la relazione:

$$\sqrt{[(N'-N)^2 + (E'-E)^2]} \leq \pm 0,15 \text{ m}$$

- la differenza fra la distanza D' fra due punti discreti ricavata dalle coordinate memorizzate nell'archivio magnetico o dedotte per interpolazione dall'elaborato numerico medesimo e la distanza D misurata direttamente sul terreno, con operazioni affidabili, devono soddisfare la seguente tolleranza:

$$D' - D \leq \pm 0,25 \text{ m}$$

Mentre la precisione in altimetria dei punti quotati di origine fotogrammetrica deve rispettare le seguenti tolleranze:

- la differenza in altimetria tra la quota memorizzata Q' nell'archivio magnetico, in corrispondenza di un punto quotato P ben identificabile sul terreno e la sua corrispondente quota Q derivata da misure topografiche dirette sufficientemente precise, deve soddisfare la relazione:

$$Q' - Q \leq \pm 0,20 \text{ m}$$

- la discrepanza tra il dislivello δ' ricavato per differenza dalle quote di origine fotogrammetrica, lette nell'archivio magnetico in corrispondenza di due punti quotati A e B ed il dislivello δ determinato direttamente sul terreno fra gli stessi due punti con misure altimetriche sufficientemente precise, deve rispettare la tolleranza:

$$(\delta' - \delta) \leq \pm 0,30 \text{ m}$$

- la precisione da conseguire nelle determinazioni dirette sul terreno dei punti quotati deve risultare dell'ordine di $\pm 0,13 \text{ m}$.
- la tolleranza relativa ai dislivelli fra due diversi punti quotati A e B misurati direttamente sul terreno deve infine risultare pari a $\pm 0,18 \text{ m}$.

2.2. Organizzazione dei dati

Nel formulare l'ipotesi di come organizzare i dati numerici territoriali acquisiti si è ritenuto di perseguire i seguenti obiettivi:

- riutilizzare al meglio l'esperienza maturata nel produrre la carta tecnica regionale numerica;
- indirizzare quell'esperienza in modo tale che la nuova carta tecnica non fosse un prodotto statico e finito, ma aperto a futuri sviluppi, anche al fine di poter generare e supportare sistemi informativi più complessi (ad esempio DB relazionali, mappe tridimensionali, ecc.);
- strutturare i dati in modo che possano poi essere elaborati facilmente;
- eliminare la ridondanza dei dati;
- mantenere la confrontabilità tra le varie edizioni di cartografia, alla luce delle novità introdotte.

Al fine di soddisfare gli obiettivi esposti, nella nuova carta tecnica si è operata una distinzione tra i dati orientati alla costruzione del file di mappa e i dati orientati alla costruzione della basi primitive di un sistema informativo territoriale.

I dati acquisiti ed elaborati sono stati distinti nei seguenti archivi:

1. archivio numerico di struttura;
2. archivio numerico di mappa e della cornice;
3. archivio numerico del database geografico;
4. archivio numerico di documentazione o dei metadati.

2.2.1. Archivio numerico di struttura

E' una base di dati primitiva tridimensionale, inquadrata come "Elemento" a scala 1:5.000 ed ha una precisione metrica propria delle scale 1:2.000.

Gli elementi da inserire nell'archivio di struttura sono essenzialmente di tre tipi: puntuali (punti, blocchi, blocchi con attributi), lineari (linee o polilinee), areali (polilinea chiusa oppure linee e polilinee con i vertici comuni coincidenti e un unico punto all'interno).

Gli attributi di spessore, tratteggio o altro identificano esclusivamente la qualità dell'oggetto rappresentato. Ad esempio lo spessore di una linea che identifica una strada può non identificare la sua larghezza, ma una categoria di appartenenza.

2.2.2. Archivio numerico di mappa e della cornice

E' una base di dati bidimensionale, derivata dall'archivio numerico di struttura e contiene tutti gli elementi indispensabili per poter riprodurre in stampa la tavola alla scala richiesta, senza ulteriori interventi di *editing*.

La cornice viene distinta in un file a se stante, al fine di poterla riutilizzare anche per la stampa del file di struttura e contiene le informazioni relative al foglio: bordo della tavola, reticolati, intestazione e titolo della carta, ecc.

Ne conseguono così i *files* di mappa e di cornice alle varie scale 1:2000 -1:5000 -1:10.000 -1:25.000 (quest'ultimo si è definito durante la fase esecutiva e non progettuale)

2.2.3. Archivio numerico del database geografico

E' una base di dati bidimensionale, derivata dall'archivio numerico di struttura, contiene sia informazioni spaziali che alfanumeriche, ha una accuratezza propria delle scale 1:5000 ed opportunamente elaborato genera il data base geografico a scala 1:25.000.

Per la costituzione di tale archivio viene operata una selezione ed elaborazione dei codici dell'archivio di struttura, al fine di costruire una topologia corretta integrandola con dati alfanumerici.

Le coperture che si possono ricavare dal file di struttura sono le seguenti:

- Coperture lineari (Arco Ferroviario - Arco idrico - Arco viario - Curve di livello - Altre entità lineari);
- Coperture areali (Aree urbanizzate - Aree idriche - Altre entità areali);
- Coperture puntuali (Urbanizzato puntuale - Punti noti - Altre entità puntuali).

Per quanto riguarda i tipi di coperture da ricavare ci si è riferiti a quanto previsto nel documento dell'Istituto Geografico Militare – Direzione della Produzione, "*Requisiti minimi richiesti ad DB 5/10 Regionale per la formazione del DB_e della corrispondente cartografia a scala 1:25.000*" *Versione: 0.0 – Giugno 1998* e a tale scopo è stata prodotta una tabella di corrispondenza tra i codici regionali e quelli del documento soprarichiamato.

2.2.4. Archivio numerico di documentazione o dei metadati

Contiene in modo esplicito e descrittivo tutte le informazioni e le annotazioni relative alla produzione del foglio ed in particolare le procedure utilizzate per il passaggio dall'archivio di struttura a quello di mappa e di database geografico e l'eventuale inserimento di entità grafiche non previste.

3. Risultati

3.1 Risultati tecnici metrici

Il taglio degli elementi cartografici è stato mantenuto identico a quello prescelto a suo tempo per la carta tecnica regionale della Regione Umbria.

Le verifiche di collaudo in corso d'opera hanno consentito di accertare che l'Impresa esecutrice dei lavori ha provveduto all'esecuzione degli stessi "a regola d'arte" e che la rete di inquadramento e raffittimento è stata misurata mediante il sistema GPS utilizzando 3 diversi apparati di ricezione, osservando sempre le prescrizioni previste per la prassi del *metodo statico*.

La rete medesima risulta costituita da 92 vertici con 127 baselines ed ancorata ai vertici della Rete IGM95 contrassegnati dai numeri 122901, 122902, 123701 122036. Dai controlli metrici eseguiti la chiusura dei diversi poligoni misurati ha registrato nel complesso discrepanze tutte inferiori alla prevista tolleranza di $\pm 0,10 m$.

A partire da questo inquadramento è stata sviluppata in prosieguo di tempo la triangolazione aerea spaziale per modelli indipendenti dell'intera copertura aerofotogrammetrica. Sono state calcolate in blocco complessivamente 14 strisciate per un insieme di 191 stereogrammi ed il calcolo di compensazione, eseguito mediante il programma King, ha fornito sui punti di controllo i seguenti errori quadratici medi:

situazione planimetrica: $\pm 0,16 m$

situazione altimetrica: $\pm 0,09 m$

valori tutti compresi nelle tolleranze previste.

Le operazioni di collaudo della restituzione fotogrammetrica sono state compiute a campione interessando 5 elementi cartografici dell'insieme appaltato. Esse hanno comportato la ripetizione dell'orientamento assoluto degli stereogrammi, la ripetizione della restituzione planimetrica di alcuni particolari topografici scelti a campione e la rideterminazione altimetrica di un insieme variabile di punti quotati scelti a campione.

Dalle verifiche e repliche di collaudo in corso d'opera, su un insieme di 151 punti discreti controllati è stata complessivamente verificata una precisione altimetrica definita dall'errore quadratico medio dell'unità di peso pari a $\pm 0,12 m$.

Successive operazioni di collaudo finale, effettuate a campione con misure dirette sul terreno, nell'area interessata dagli Elementi cartografici 311052 e 311104, hanno infine consentito di verificare sperimentalmente la precisione nella situazione planimetrica e nella situazione altimetrica dei particolari topografici rappresentati nell'elaborato cartografico realizzato.

Le operazioni di collaudo della situazione planimetrica dei punti sono state sviluppate con procedure diverse, e cioè: controllando le coordinate cartografiche di 7 punti discreti di certa identificazione (punti o spigoli di fabbricati) distribuiti in tutta l'area dei rilevamenti aerofotogrammetrici compiuti, e controllando inoltre 63 distanze fra punti discreti di certa identificazione (spigoli di fabbricati) distribuiti casualmente nel centro storico della Città di Perugia.

Mentre le operazioni di collaudo della situazione altimetrica dei punti quotati hanno comportato invece il controllo di 34 dislivelli fra punti quotati di certa identificazione, e il controllo della quota dei punti quotati, con la rideterminazione della quota ortometrica di 24 punti quotati di certa identificazione a partire dal caposaldo orizzontale 037670 (Perugia - Fontivegge Stazione) della rete altimetrica nazionale.

A conclusione delle predette diverse operazioni di collaudo finale sono stati infine ottenuti i seguenti risultati, espressi secondo la prassi consolidata dagli errori quadratici medi:

situazione planimetrica

$$m \sqrt{[(N'-N)^2 + (E'-E)^2]} = \pm 0,15 m \quad (\text{Tolleranza: } \sqrt{[(N'-N)^2 + (E'-E)^2]} \leq \pm 0,15 m)$$

$$m (D'-D) = \pm 0,15 m \quad (\text{Tolleranza: } D'-D \leq \pm 0,25 m)$$

situazione altimetrica

$$m(Q' - Q) = \pm 0,13 \text{ m (Tolleranza: } Q' - Q \leq \pm 0,20 \text{ m)}$$

$$m(\delta' - \delta) = \pm 0,24 \text{ m (Tolleranza: } (\delta' - \delta) \leq \pm 0,30 \text{ m)}$$

Valori quadratici medi tutti compresi dunque nelle tolleranze preliminarmente indicate, che possono così consentire di dedurre sperimentalmente, per campionamento, la qualità metrica complessiva dell'elaborato cartografico numerico prodotto.

Qualità, valutabile attraverso gli *errori quadratici medi dell'unità di peso* che, salvo errori od omissioni, risultano allo stato del campionamento eseguito dell'ordine di $\pm 0,15 \text{ m}$ per quanto concerne la situazione planimetrica dei punti rappresentati, e dell'ordine di $\pm 0,13 \text{ m}$ per quanto concerne invece la loro situazione altimetrica.

In prosieguo di tempo, applicando a puro titolo sperimentale la prassi operativa del sistema GPS, è stato ripetuto un ulteriore controllo della posizione planimetrica di altri *9 punti discreti*, individuati da spigoli di recinzioni e distribuiti nelle zone industrializzate della area interessata dai rilevamenti, e sono stati trovati scarti quadratici medi planimetrici dell'ordine di $\pm 0,18 \text{ m}$.

Risultati tutti che, nel loro complesso, ampiamente abilitano l'elaborato cartografico numerico medesimo, ad un possibile ingrandimento metrico alla maggiore scala di 1:2.000, per le finalità della progettazione tecnica civile propria delle Amministrazioni pubbliche locali collegate.

3.2 Risultati sugli archivi numerici e sulla integrabilità tra le varie scale

L'archivio numerico di struttura a scala 1:5.000 rappresenta la base necessaria per produrre la cartografia alle varie scale differenziate e la novità che ha reso originale la sperimentazione sta soprattutto nell'aver attribuito alle entità grafiche una valenza oltre che descrittiva anche qualitativa. Durante il corso dei lavori il maggiore impegno si è rivolto al passaggio di scala degli archivi numerici di base 1:5.000 a quelli derivati 1:25.000.

Con la nuova serie cartografica denominata 25_DB, l'IGM ha definito una nuova veste grafica e un nuovo contenuto informativo con caratteristiche completamente diverse dalla cartografia IGM 1:25.000 standard. La novità più significativa è stata l'abolizione della convenzionalizzazione della viabilità, rappresentata oggi con entità lineari che, in fase di stampa, vengono vestite con un calibro molto simile al reale ingombro delle singole strade sul terreno. Questa novità consente di non modificare la posizione geometrica di tutti gli oggetti limitrofi al particolare viario; tale scelta ha due importanti conseguenze sulla cartografia numerica di nuova realizzazione, consentendo sia di conservare la precisione geometrica di tutti i particolari riportati sulla cartografia sia di evitare lunghe operazioni di *editing* necessarie a spostare i particolari associati alle strade sino a renderli leggibili. Di contro nella nuova veste grafica risultano appesantite le operazioni di aggregazione logica dei particolari areali condivisi sulla cartografia 1:5.000, con il bordo stradale, che deve confluire, nella cartografia alla scala 1:25.000, sull'asse stradale o fluviale. Sulla scorta delle innovazioni apportate dall'IGM il progetto si è proposto di valutare i vantaggi e le problematiche di acquisizione ed elaborazione del dato numerico alla scala 1:5.000 in un'ottica che tenesse conto della successiva derivazione il più possibile automatica della mappa alla scala 1:25.000.

Una prima operazione, eseguita in maniera completamente automatica, ha consentito di eliminare tutti i codici non previsti nel contenuto informativo della cartografia 1:25.000 ed inseriti invece sulla cartografia in scala 1:5.000.

Si riportano le principali operazioni eseguite sui vari strati informativi nel passaggio dalla scala di acquisizione a quella derivata al 25.000:

- *Viabilità*: gli assi stradali sono stati acquisiti in maniera differenziata per codici IGM. A differenza dello standard regionale, infatti, l'IGM classifica le strade non solo in principali e secondarie, ma anche in funzione della larghezza stradale, considerando classi superiori ai 7 m, comprese tra 3,5 m e 7 m e comprese tra 2,5 m e 3,5 m. Non ci sono differenze per quanto

attiene alla viabilità secondaria, per la quale comunque la mappa alla scala 1:5.000 prevede la costruzione degli assi stradali. Con questa semplice operazione, completamente automatica, è stata ricostruita tutta la trama viaria, con classifica IGM e sono state create tutte le topologie, con la realizzazione automatica dei nodi tra singoli tronchi di viabilità, necessari alla successiva generalizzazione delle strade. Un altro software consente poi di selezionare tutte le strade di reale interesse per la scala prescelta.

- *Insedimenti*: le operazioni di generalizzazione e spoglio sono notevolmente agevolate se si è in presenza delle pertinenze di isolato nonché di area urbanizzata, che facilitano molto le operazioni di filtro per i particolari planimetrici. Gli edifici industriali di dimensioni inferiori a 250 mq sono campiti sulla vestizione grafica in nero, mentre quelli di dimensioni superiori sono tracciati con il classico grisè inserito abitualmente per i fabbricati con tale destinazione.
- *Idrografia*: l'IGM prevede 4 classi di rappresentazione fluviale: fiume > di 20 m (areale), fiume compreso tra 5 e 20 m (lineare), fiume compreso tra 1,5 e 5 m (lineare) e fiume inferiore a 1,5 m (lineare). L'asse fluviale dei fiumi rappresentabili è stato smistato su una delle 3 classi previste dall'IGM per i corsi d'acqua lineari, eliminando i relativi bordi. Per i fiumi > di 20 m sono stati lasciati i bordi del fiume rappresentabile ed è stato creato l'asse fluviale. Sono state create le topologie con l'istituzione dei nodi e dei tronchi idrografici come per la viabilità
- *Altimetria*: le curve di livello sono selezionate automaticamente in funzione del loro valore altimetrico differenziandole in direttrici (equidistanza 100 m) e intermedie (equidistanza 25 m). Per le curve ausiliarie (equidistanza 5 m) si è provveduto ad effettuare una selezione delle aree più significative in funzione della morfologia del terreno. Per i *punti quotati* si è provveduto in fase di strutturazione del dato a differenziare i vari oggetti per farli confluire automaticamente sulle quattro scale cartografiche di rappresentazione (1:2.000, 1:5.000, 1:10.000 e 1:25.000) e la loro selezione è quindi strettamente automatica.
- *Vegetazione*: rappresenta lo strato più delicato nel passaggio alla scala 1:25.000, in quanto la filosofia di acquisizione è completamente diversa per le scale cartografiche 1:5.000 e 1:25.000, a cui si è in parte ovviato con l'inserimento all'interno di ogni aerea di vegetazione di un centroide che identifichi il tipo di coltura. Il limite di cattura per le entità areali di vegetazione alla scala 1:25.000 è stato stabilito pari a 1 ettaro.
- *Toponomastica*: sono stati inseriti automaticamente solo i toponimi di provincia, comune, centro e nucleo abitato acquisite dal censimento ISTAT 2001. Per gli altri oggetti viene effettuato uno spoglio a tavolino ed un inserimento interattivo dei toponimi scelti con il font specifico per la cartografia in scala 1:25.000.

4. Osservazioni e conclusioni

La sperimentazione pilota compiuta si è conclusa quindi con successo, sia per quanto si riferisce all'elaborato numerico di base che ai diversi elaborati derivati, dato che i risultati ottenuti appaiono nel loro complesso più che soddisfacenti, anche se suscettibili ancora di ulteriori perfezionamenti. A tale sperimentazione ha offerto un contributo prezioso la ripresa aerofotogrammetrica, realizzata a regola d'arte alla scala media di 1:10.000 e la determinazione dei punti di appoggio attraverso la triangolazione aerea spaziale.

È tuttavia da rilevare, sempre in merito ai risultati ottenuti, che la derivazione dell'elaborato cartografico alla scala di 1:25.000, pur avendo tenuto come costante riferimento le indicazioni fornite dal *DB 25 (Versione 0.0. Giugno 1998)* dell'Istituto Geografico Militare, ha preferito però uniformarsi sempre ai contenuti informativi di prevalente interesse regionale, finalizzando così la sperimentazione compiuta alle più urgenti necessità della Regione Umbria. Motivo per cui, anche il taglio geografico della tavoletta alla scala 1:25.000 derivata, risulta conformato all'impianto cartografico consolidato nella C. T. R. N. della Regione Umbria; e cioè, conformato a quello del *Sistema geografico europeo unificato ED 1950 (European Datum 1950)* con riferimento però alle coordinate cartografiche del *Sistema nazionale Gauss-Boaga* del fuso Est, fornendo nel contempo,

in via sperimentale, anche i riferimenti del canovaccio geografico del *Sistema UTM-WGS84* nella versione europea *ETRF89* del fuso 33, insieme ai necessari riferimenti cartografici del *Sistema catastale locale*.

Non trascurabile appare infine l'economia realizzata nella condotta dei lavori, poiché i costi e i tempi di produzione richiesti dalla comune prassi produttiva disarticolata degli stessi elaborati cartografici a scala così differenziata risultano contenuti.

Un contenimento che potrebbe essere valutato approssimativamente nell'ordine del 50% ed oltre, salvo errori od omissioni, ma che potrà essere meglio precisato nel prossimo futuro, con lo sviluppo di ulteriori nuovi lavori di rilevamento cartografico regionale.

Riferimenti bibliografici

“Norme della Commissione Geodetica Italiana per la Carta tecnica alla scala 1:5000”

Ministero delle Finanze - Dipartimento del Territorio - “Capitolato d'oneri per la determinazione delle coordinate plano-altimetriche della maglia primaria dei punti fiduciali”.

“Indicazioni di inquadramento e riferimento per la realizzazione delle base dati geografiche corrispondenti alle scale 1:1000, 1:2000, 1:5/10000 e 1:25000” diffuso in data 26 ottobre 1999 dal Comitato Tecnico di Coordinamento dei Sistemi informativi geografici

Istituto Geografico Militare – Direzione della Produzione - “Requisiti minimi richiesti ad DB 5/10 Regionale per la formazione del DB_e della corrispondente cartografia a scala 1:25.000” Versione: 0.0 – Giugno 1998

