

4. - REALIZZAZIONE DELLA BANCA DATI

Per standardizzare la produzione delle nuove informazioni geologiche, garantendo un livello comune di accuratezza dei dati, è necessario delineare alcune modalità procedurali che potranno essere adottate dai singoli contraenti in funzione delle specifiche esperienze e dotazioni strumentali informatiche.

La definizione delle modalità operative riguarda tutte le fasi dalla produzione di cartografia numerica, dalla predisposizione dell'informazione da acquisire, alla sua conversione in formato numerico, sino alle fasi di controllo.

È importante sottolineare come le modalità procedurali di seguito delineate tendano ad uniformare il livello di accuratezza di tipo posizionale e tematico dei dati prodotti.

A tal fine, nel presente capitolo, verranno descritte alcune metodologie per l'informatizzazione inerenti:

- l'acquisizione numerica e l'editing della componente cartografica ;
- l'editing alfanumerico della componente descrittiva ;
- la compilazione metadati ;
- le modalità di controllo di qualità in corso d'opera e finali.

Verranno inoltre descritte, a titolo esemplificativo, alcune delle esperienze finora maturate relative al processo di informatizzazione di carte geologiche a varia scala.

4.1. - METODOLOGIE E TECNICHE

4.1.1. - *Specifiche per l'acquisizione digitale della componente cartografica*

Con acquisizione numerica si intende l'insieme dei processi volti alla trasposizione delle informazioni geografiche dal supporto analogico a quello digitale, secondo quanto previsto dal modello della banca dati geologici (vedi par. 3.1).

Nei successivi paragrafi verranno prese sinteticamente in esame alcune metodologie per l'acquisizione della componente cartografica. Tale descrizione ha uno scopo puramente esemplificativo, indicando modalità standard già utilizzate o attualmente in fase di sperimentazione nel Programma CARG: ciò nonostante i realizzatori dei fogli CARG potranno adottarne anche di differenti purché rispettino i requisiti di qualità richiesti. È importante infatti notare che mentre la valenza o l'efficacia dei metodi hanno sempre valore relativo - funzione della disponibilità in termini di strumentazione hardware e software del realizzatore della banca dati, tipologia del supporto da informatizzare, professionalità/esperienza degli operatori per l'informatizzazione -, il risultato finale deve rispettare dei requisiti minimi, misurabili attraverso la definizione, per ogni singolo processo adottato, di parametri /criteri a cui attenersi per controllare la qualità finale della banca dati.

Predisposizione dei supporti per la digitalizzazione

In funzione della metodologia operativa utilizzata per l'acquisizione digitale dei dati geometrici può rendersi necessaria una preventiva attività di predisposizione dei supporti cartografici su cui operare.

Tale attività può consistere nel ridisegno dell'OA di rilevamento su supporto cartaceo trasparente indeformabile da sottoporre successivamente ad operazioni di scansione e vettorializzazione.

Il ridisegno

La scelta di ridisegnare l'OA può essere dettata almeno da due motivazioni principali :
- stato del supporto cartaceo dell'OA ;

- metodologia operativa utilizzata per l'acquisizione digitale dei dati geometrici.

Il supporto cartaceo dell'OA non deve essere eccessivamente deformato, ritagliato, o frutto di mosaicatura di pezzi differenti accostati. È tassativa l'esistenza della cornice, che contiene le coordinate fondamentali nelle operazioni di georeferenziazione.

La scelta della metodologia operativa vincola il tipo di supporto da utilizzare.

L'acquisizione tramite tavolo digitalizzatore e tramite digitalizzazione diretta a video permettono l'uso di supporti cartacei colorati e complessi, in buono stato, dotati di base topografica. L'acquisizione tramite scanner e successiva vettorializzazione, necessita di un supporto molto più "pulito" (indeformabile trasparente), tracciato con linee nette e piuttosto sottili (max 0.2 mm) a spessore costante. Molta precisione dovrà essere usata nel ridisegnare le geometrie, che dovranno chiudersi perfettamente all'intersezione dei segni i quali non dovranno essere né disgiunti, né continuare oltre. Le linee dovranno essere preferibilmente mute, prive quindi di simboli. I tratti condivisi dovranno essere ridisegnati una volta sola. I punti, che sono le entità più esposte al rischio di non essere identificate, dovranno essere disegnati in modo molto netto, ad esempio con una "x", per non confonderli con i punti di controllo.

L'accuratezza del ridisegno deve essere molto elevata, dato che i segni tracciati sul nuovo supporto sono esattamente quelli che diventeranno la rappresentazione cartografica definitiva.

I punti di controllo

La prima operazione da condurre è il ridisegno dei punti di controllo (ad esempio i vertici della carta), che dovranno essere utilizzati nel corso della georeferenziazione. Questo ridisegno, che stabilisce una relazione visibile tra carta e supporto destinato al ridisegno, permette di posizionare i due elementi in modo corretto, nel caso si debbano separare momentaneamente i due fogli.

Con "punto di controllo" si intende un punto sulla carta a cui possono essere facilmente associate delle coordinate nel sistema di riferimento (in questo caso il sistema UTM o Gauss-Boaga), in quanto esplicitamente indicate a margine della carta.

In genere vengono presi come punti di controllo i vertici della carta e gli incroci del reticolo chilometrico tracciato sulla carta stessa, che non generano dubbi con altri punti.

Errori di acquisizione

Errore di graficismo:

Si intende l'errore di disegno introdotto sia nelle fasi di predisposizione dell'OA cartaceo che in eventuali ulteriori riproduzioni (ad esempio ridisegno). È funzione logicamente della capacità del disegnatore, ma anche dei materiali utilizzati (matita, rapidograph, penne a puntale in ceramica, ecc.). L'errore generalmente effettuabile su carta è di circa 0,2 - 0,3 mm.

Errore di digitalizzazione

Si intende l'errore introdotto dall'operatore, dallo strumento di digitalizzazione e/o vettorializzazione adottato e dagli eventuali valori fissati per le tolleranze nelle fasi di acquisizione. Mediamente tale errore può essere quantificato in 0,1 - 0,3 mm in carta.

Le tolleranze ammesse dunque nel presente lavoro sono : graficismo = 0.25 mm su carta, digitalizzazione = 0.2 mm su carta. L'errore complessivo calcolato è quindi :

SCALA	Errore Graficismo (0.25 mm)	Errore Digitalizzazione (0.2 mm)	Errore Totale (0,32 mm)
1:10.000	2.50 m	2 m	3.20 m

1:25.000	6.25 m	5 m	8,00 m
----------	--------	-----	--------

Scansione

La scansione dei supporti (cartaceo o su trasparente indeformabile) dovrà produrre un file raster con una risoluzione maggiore o uguale a 300 dpi (punti per pollice), sia nel caso di scansione di soli livelli geometrici, sia nel caso di scansione della base topografica del rilevamento da gestire in formato raster (in quest'ultimo caso la risoluzione sarà maggiormente influenzata dalla qualità dei supporti originali)

Georeferenziazione

La georeferenziazione di dati raster o vector dovrà avvenire con un numero minimo di punti di controllo pari ai 4 punti vertice dell'UCR più (se disponibili) almeno 16 punti interni alla carta.

In qualsiasi caso l'errore di georeferenziazione esprimibile come RMS totale dovrà essere inferiore a 0,1 mm su carta. Viene richiesta la documentazione sulle procedure adottate e sulle verifiche adottate.

4.1.2. - Modalità di acquisizione digitale

La digitalizzazione della cartografia dovrà essere condotta secondo procedure che consentano una corretta trasposizione delle informazioni geometriche, in accordo con quanto contenuto nel paragrafo 3.1 del presente volume.

Vengono qui descritte tre modalità di acquisizione delle informazioni geometriche, sperimentate dal SGN o attualmente in uso per la realizzazione di alcuni fogli del Programma CARG.

Le metodologie qui descritte sono:

- Acquisizione tramite tavolo digitalizzatore delle geometrie di ogni strato informativo;
- Acquisizione tramite scansione e vettorializzazione;
- Disegno digitale a video su base topografica in formato raster.

Acquisizione tramite tavolo digitalizzatore delle geometrie di ogni strato informativo

Tale procedura prevede la digitalizzazione manuale delle geometrie appartenenti ai diversi ST attraverso l'impiego di tavolo digitalizzatore.

La realizzazione è effettuabile mediante idonee apparecchiature che ottemperino ai seguenti requisiti minimali:

- area utile maggiore o uguale a 65 x 100 cm;
- risoluzione maggiore o uguale a 0,025 mm;
- precisione di almeno 0.1 mm su tutto il campo utile;

Il *software* di digitalizzazione dovrà consentire la disposizione dei supporti con qualunque angolo rispetto al sistema di assi strumentale e dovrà garantire :

- la trasformazione delle coordinate dal sistema di riferimento strumentale a quello cartografico ;
- la compensazione delle eventuali deformazioni del supporto.

Acquisizione tramite scansione e vettorializzazione

Tale modalità prevede due fasi consecutive:

a) la scansione dell'OA o di un suo ridisegno, che è effettuabile mediante idonee apparecchiature che ottemperino ai seguenti requisiti minimali:

- area utile tale da garantire in un'unica scansione l'acquisizione dell'intero supporto ;

- risoluzione scanner maggiore o uguale a 300 dpi ;
 - precisione di almeno 0.1 mm (a valle di eventuali calibrazioni numeriche);
- b) la vettorializzazione che viene realizzata mediante *software* di vettorializzazione che esegue la conversione da file di scansione a file vettoriali. Tale fase di vettorializzazione potrà avvenire secondo procedure automatiche o semiautomatiche di inseguimento linee oppure attraverso digitalizzazione manuale a video.

Disegno digitale a video su base topografica in formato raster

Tale modalità prevede un'attività di digitalizzazione "esperta", effettuata normalmente dallo stesso geologo rilevatore attraverso il disegno a video delle entità geologiche cartografabili.

A tale fine è necessaria l'acquisizione in formato numerico raster (ad esempio file TIFF) delle basi topografiche utilizzate (basi IGM scala 1:25.000 o CTR 1:10.000 secondo quanto già prescritto per la predisposizione degli originali d'autore) con successiva georeferenziazione secondo i requisiti precedentemente citati.

L'attività consiste quindi nel "disegno" delle entità geometriche attraverso software di tipo GIS secondo la struttura fisica definita, generando file geografici topologicamente relazionati.

Altra modalità operativa è quella dell'utilizzo di strumenti, ad esempio di tipo CAD, in grado di gestire immagini raster. I file prodotti non presentano in tale caso le caratteristiche della cartografia numerica e devono quindi essere ricondotti ad un formato topologico attraverso procedimenti di georeferenziazione e conversione di formato.

4.1.3. - "Editing"

A termine (da intendersi in senso logico e non necessariamente in senso temporale) delle attività di acquisizione digitale delle geometrie, dovranno essere effettuate attività di editing volte sostanzialmente a:

Controllo geometrico

Si intendono tutte le attività di editing sui file derivanti dai processi di acquisizione (digitalizzazione, vettorializzazione ecc.) necessarie a garantire:

- selezione e strutturazione delle entità geometriche nei rispettivi Strati Informativi previsti nella Banca Dati Geologici;
- integrazione di geometrie mancanti (ad esempio punti non acquisiti)
- correzione spaziale di entità rispetto alla topografia di riferimento (ad esempio successive georeferenziazioni parziali);
- correzione grafica di entità non correttamente acquisite (ad esempio archi a spezzata gradinata derivanti da procedure di vettorializzazione automatica, eliminazione punti o archi fittizi derivanti da errori di scansione, ecc.);
- creazione di intersezioni fra archi e limiti cartografici dell'UCR;
- eliminazione nodi appesi o prolungamenti geometrie lineari per creare intersezioni;
- eliminazione di eventuali *slivers* poligonali;
- eliminazione o aggiunta di pseudonodi sugli archi (ad esempio eliminazione pseudonodi derivanti da fasi successive di digitalizzazione o aggiunta di nodi per separare archi con attributi differenti come nel caso dei limiti geologici);
- inserimento vertici per correzione grafica di archi/poligoni o per creare successivamente relazioni geometriche con altre entità.

Predisposizione dati a fini rappresentativi

Si intendono le attività di editing delle geometrie volte alla rappresentazione simbolica, sia all'interno dei sistemi informativi che a mezzo della stampa numerica:

- orientazione delle entità lineari in termini di verso di digitalizzazione o di costruzione topologica (*from node - to node*) per permettere l'associazione e la visualizzazione degli archi con simbologie asimmetriche (ad esempio ST18 - Unità Cartografabili Geologiche, caso linee e ST12 - Elementi Geomorfolologici in forma simbolica, caso linee) ;
- orientazione delle entità puntuali (ad esempio ST19 - Punti di osservazione/Giaciture).

Costruzione topologica

Si intendono tutte le operazioni volte alla generazione di file geografici relativi ad ogni strato informativo secondo le specifiche del modello fisico della banca dati.

La componente geografica della banca dati è riconducibile a tre tipologie geometriche fondamentali:

Aree : tutte le entità geometriche di tipo poligonale dovranno essere caratterizzate in ogni occorrenza da una linea spezzata chiusa all'interno della quale dovrà essere posto un punto centroidale al quale associare la componente descrittiva.

Linee : tutte le entità lineari dovranno essere costituite da 1 a n segmenti definibili da coppie di coordinate planimetriche (identificabili come punti vertice). I punti vertice iniziali e finali di un arco (detti nodi) dovranno essere impostati in funzione di quanto già definito ai fini rappresentativi.

Punti : tutte le occorrenze di entità puntuali dovranno essere caratterizzate da una coppia di coordinate planimetriche.

Nel modello fisico della banca dati sono state definite alcune relazioni topologiche fra occorrenze di entità geometriche. Questo sta ad indicare che l'editing grafico nelle sue varie fasi dovrà assicurare la strutturazione delle geometrie per garantire:

- le relazioni di inclusione: ad esempio il controllo della corretta appartenenza in termini topologici di una coppia di coordinate di un punto (ad esempio punto di osservazione geologica ST019) all'interno dell'area a cui quell'entità puntuale si riferisce logicamente e geograficamente (ad esempio Unità Cartografabile ST019) ;
- le relazioni di adiacenza e condivisione: ad esempio tutte le relazioni spaziali e geometriche fra archi che delimitano unità cartografabili geologiche. In questo caso dovrà essere garantita la congruenza fra gli archi in condivisione ottenibile attraverso acquisizione per poligoni o semplicemente per archi senza acquisire nuovamente le geometrie già esistenti, ma creando le intersezioni necessarie a definire l'insieme di archi in condivisione. Le relazioni di adiacenza, normalmente gestite dai sistemi informatici di tipo GIS, dovranno permettere le funzioni di ricerca e selezioni ad esempio di tutte le altre occorrenze di unità geologiche che affiorano attorno ad un data area ;
- le relazioni di appartenenza : ad esempio dovranno essere garantite (attraverso modalità generali di acquisizione o editing successivo) le congruenze geometriche fra le occorrenze puntuali dello ST018 (Osservazione geologica) e i vertici propri dell'arco relativo al limite geologico (ST018 caso linee) qualora l'osservazione si riferisca al limite stesso: si potrà quindi adottare la copiatura del vertice nel file dei punti d'osservazione o definire tolleranze e modalità di editing tali da garantire la georeferenziazione del punto sul vertice (*snapping*).

Editing alfanumerico

Oltre all'acquisizione delle geometrie, rappresentanti le entità geologiche definite dal modello secondo l'organizzazione fisica prevista in strati informativi, deve essere effettuata la codifica degli elementi e

l'inserimento dei dati descrittivi attraverso modalità che dipendono dal sistema e dal software di digitalizzazione adottato.

Con codifica si intende l'operazione che permette che ogni elemento della rappresentazione sia contraddistinto dal codice univoco (identificativo) che ne consenta l'identificazione in banca dati sia rispetto alle entità logicamente differenti sia all'interno dello stesso strato informativo. La codifica va effettuata rispettando anche i vincoli e i requisiti del modello fisico (vedi Appendice D).

Per la codifica degli elementi esistono due possibilità solitamente dettate dall'ambiente operativo di digitalizzazione e dalle procedure adottate:

- codifica contestuale alla fase di digitalizzazione ;
- codifica successiva alla fine dell'editing grafico ed ai relativi controlli.

Mosaicatura dati rispetto al foglio alla scala 1:50.000

Al termine dell'acquisizione dei dati relativi ad ogni OA (ad esempio tavolette IGM 1:25.000) occorrerà verificare l'unione delle stesse lungo i confini dell'UCR al fine della mosaicatura dei dati finale sul foglio 1:50.000.

Tale unione avverrà mediante successive fasi di editing grafico per ricostruire la continuità tra entità digitalizzate su UCR diverse. Tale fase costituirà ulteriore controllo di congruenza grafica e geometrica evidenziando eventuali discrepanze interpretative o di digitalizzazione su OA adiacenti.

Operativamente ciò comporterà:

- controllo ed eventuale correzione di continuità di entità lineari e poligonali condivise fra più tavole ;
- unione dei file relativi alle UCR originali e ricostruzione topologica delle entità poligonali ;
- funzioni di "fusione" topologica e descrittiva fra più entità poligonali adiacenti rappresentanti porzioni dello stesso oggetto geologico su tavole diverse: occorrerà generare un unico poligono con un unico codice ed un unico set di dati descrittivi, eventualmente controllando la congruenza logica fra i dati associati ai singoli poligoni di partenza qualora già codificati.

Viene richiesta la documentazione sulle procedure adottate e sulle verifiche effettuate.

4.1.4. - *Allestimento dei file per la consegna*

La fase conclusiva del processo produttivo prevede che la struttura delle informazioni geografiche e descrittive illustrata nel Capitolo 3, venga allestita per la consegna al SGN. Questo comporta l'adozione di un formato di esportazione dei dati ed il trasferimento fisico dei file ottenuti, dal sistema del SR al sistema del SGN.

Riguardo al formato, viene preferito il formato export (.E00) del software Arc/Info in codifica ASCII (opzione none). Sono ritenuti ammissibili, anche se da concordare preventivamente con il SGN, altri formati compatibili con le apparecchiature hardware e software del SGN stesso, fatta salva l'integrità e la consistenza logica e fisica dei dati e della loro struttura.

Per quanto concerne il trasferimento, esso dovrà attuarsi secondo modalità da concordare con il SGN ed anche in più copie, mediante idonei supporti, compatibili con le apparecchiature hardware del SGN stesso. L'unità di trasferimento dei dati sarà il singolo foglio geologico.

4.1.5. - *Esempio*

4.1.5.1. - *Il caso della Regione Piemonte*

La Regione Piemonte cura per il Programma CARG la realizzazione di due fogli geologici alla scala 1:50.000. Le attività di rilievo e memorizzazione, iniziate nel 1995, si avvalgono di molteplici esperienze di informatizzazione maturate per la realizzazione della Banca Dati Geologici regionale. La realizzazione è stata quindi recepita secondo una logica di sistema informativo, ovvero indirizzando lo sforzo progettuale verso una corretta raccolta e strutturazione dei dati prima che sulle modalità per la loro rappresentazione. Il documento illustra le attività progettuali in corso e la metodologia utilizzata.

Come requisiti della realizzazione informatica sono stati individuati:

- a) la necessità di garantire l'operatività e il controllo rispetto alle attività di rilievo e di memorizzazione dei dati rilevati; i passaggi di formati dei dati (da disegno a formato numerico, da scheda di rilievo alla struttura informatica del data base ecc.) presentano notevoli problemi di controllo e certificazione, tanto più se effettuati da personale diverso;
- b) la ricerca di forme di integrazione con il sistema informativo già realizzato dalla Regione Piemonte, al fine di accrescere la base conoscitiva in materia geologica e di garantire l'utilizzo di quanto prodotto rispetto all'architettura informatica esistente; si vuole infatti garantire la possibilità di utilizzo integrato dell'informazione CARG per scopi di analisi territoriale dei fenomeni di instabilità naturale in relazione con tutti gli altri livelli informativi presenti nel data base geografico della regione.

In linea con quanto esposto il Sistema Informativo Geografico della Regione Piemonte ha adottato come software GIS Arc/Info, utilizzato come "motore" del data base geografico, attorno al quale si struttura una serie di stazioni di lavoro, sia workstation Unix che personal computer in ambiente *Windows* dotate di software ArcView, ognuna delle quali visualizza la base dati complessiva (via rete o con copie locali) e può aggiornare i dati di pertinenza dello specifico settore. Questa architettura è stata adottata anche per il Programma CARG.

La linea seguita trasferisce all'esperto di dominio il controllo pressoché completo delle attività di produzione della base informativa con i seguenti vantaggi:

- il geologo produce direttamente un dato cartografico numerico che viene semplicemente disegnato su video anziché su carta; il procedimento prevede un minimo di addestramento sulla tecnica di digitalizzazione;
- attraverso la personalizzazione del software utilizzato e l'integrazione modulare con altre componenti è possibile sviluppare un'applicazione mirata alle specifiche necessità progettuali e consentire da un unico ambiente operativo la memorizzazione delle componenti cartografiche (unità cartografabili) ed alfanumeriche (tabelle dati associati).

Architettura HW-SW utilizzata

La dotazione hardware e software adottata è la seguente::

- Workstation UNIX Sun /Digital
- Personal Computer Pentium 32 Mb RAM
- Scanner B/N formato A0, risoluzione max 600 dpi
- Plotter elettrostatico colori A0
- Plotter a getto d'inchiostro A0
- Arc/Info 7.0.3 (UNIX)
- ArcView 3.0 (MS-Windows)
- CANVAS

Metodologia adottata

Vengono di seguito descritte sinteticamente le principali fasi operative individuate per l'informatizzazione dei Fogli "Bardonecchia" e "Susa".

Trattandosi di attività in corso, vengono illustrate le fasi progettuali individuate, alcune delle quali già effettuate o sperimentate, altre in fase di studio e prototipale.

Scansione basi topografiche

Le tavolette alla scala 1:25.000 IGMI ricadenti sui Fogli 1:50.000 (totalmente e parzialmente) vengono acquisite su scanner con risoluzione 300 dpi.

Georeferenziazione basi topografiche raster

I file prodotti vengono georiferiti utilizzando funzioni SW in ambiente Arc/Info GRID con successiva conversione in formato TIFF georiferito. I punti di controllo sono i vertici dell'UCR alla scala 1 :25.000 più i punti del reticolato chilometrico.

Creazione struttura fisica della banca dati

Si intende implementare il modello fisico proposto dal SGN, caratterizzato dalla suddivisione dei dati in strati informativi, come insieme di *dataset* definiti in termini di primitive geometriche, ognuno dei quali corredato delle relative tavole con i campi descritti in termini di tipo di dato e di lunghezza. L'implementazione verrà effettuata a titolo sperimentale in ambiente INFO (Arc/Info).

Export della struttura fisica in ambiente ArcView 3.0

L'insieme di *dataset* creati verrà convertito in formato gestibile ai fini dell'*editing* grafico ed alfanumerico in ambiente ArcView.

Le coperture ARCINFO verranno trasformate in file di tipo *shape*, mentre le tavole degli attributi (file *.PAT e *.AAT) verranno convertiti in file DBF.

Digitalizzazione

La digitalizzazione delle entità cartografabili verrà effettuata in ambiente ArcView attraverso le funzionalità di *editing* dello strumento su *shape-file* (*editing* per aree, per archi, per punti). La creazione di nuove geometrie avverrà aggiungendo oggetti all'interno degli archivi predisposti sulla base della strutturazione in strati informativi definita.

Export dati in ambiente ArcInfo

I file di digitalizzazione creati in ambiente ArcView verranno convertiti in coperture Arc/Info.

Controlli in corso d'opera: congruenza grafica e geometrica

In questa fase, che per il metodo operativo adottato è costantemente sotto il controllo dell'operatore (geologo), vengono effettuati tutti i controlli sulla lavorazione ; la completezza dei dati informatizzati e la qualità geometrica vengono verificate direttamente a video rispetto alla base topografica ed alle altre entità.

Le coperture Arc/Info create, verranno utilizzate periodicamente per la produzione di plottaggi di lavoro a scopo di collaudo (plottaggi dei soli limiti e punti su supporto lucido, plottaggi delle geometrie su base topografica raster).

Editing alfanumerico

La codifica degli oggetti geometrici e la valorizzazione degli attributi descrittivi verrà effettuata in ambiente ArcView.

È al momento in studio la possibilità di creazione di un'interfaccia di gestione dei dati alfanumerici, integrata rispetto al modulo grafico di ArcView, per il caricamento, selezione, modifica dei dati associati. Tale interfaccia, sviluppata secondo gli standard Windows (icone, bottoni, liste di scorrimento ecc.), ha come obiettivo quello di preservare la possibilità di operare in un unico ambiente di lavoro tecnicamente semplice, integrando una serie di funzioni utili per garantire l'operatività ed il controllo sul delicato aspetto dell'informatizzazione dei dati associati.

Compilazione schede metadati

Secondo gli obiettivi delle sperimentazioni in atto si intende integrare le funzionalità del posto di lavoro informatico con un modulo di *data entry* (analogo a quello per i dati associati)

4.1.5.2. - Il caso della Provincia Autonoma di Trento

Il Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento intende realizzare il processo di informatizzazione interamente nell'ambito del proprio settore informatico.

Si illustreranno qui sommariamente i principali passi che si intendono seguire, già sperimentati.

Sistemi software utilizzati

Il lavoro è stato strutturato per essere eseguito in due ambienti software distinti:

- **il primo** è l'ambiente **Intergraph**.

Su questo si intende realizzare tutta la parte di inserimento e correzione dei dati grafici e geografici, nonché una prima parte di inserimento dati necessaria per la generazione di *file* di plottaggio.

- **il secondo** è l'ambiente **Arc/Info**.

In questo ambito si realizzerà tutta la struttura di dati prevista dal SGN, compresa la suddivisione nei diversi strati informativi.

Il database su cui vengono mantenute le tabelle di dati è **Oracle**, che viene visto da entrambi gli ambienti GIS utilizzati. Esso è utilizzato anche tramite **Access**, che serve come *front-end*.

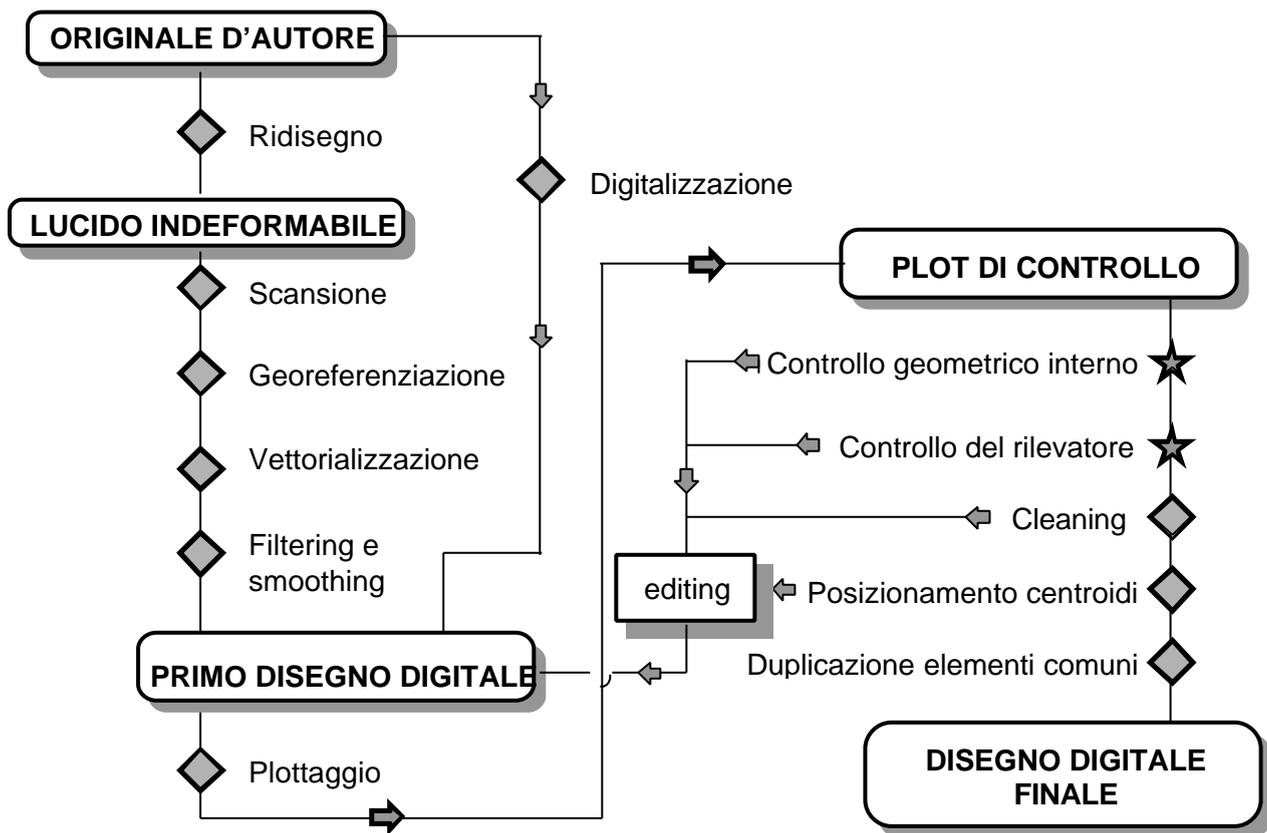


Fig. 4.1 - Diagramma di flusso del processo di informatizzazione dei dati geologici nel Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento

Organizzazione dei dati

Gli oggetti geografici sono descritti dal GIS Intergraph MGE come **feature**, ossia elementi caratterizzati da una determinata simbologia e struttura che possono puntare ad attributi contenuti in una tabella esterna.

Le *feature* sono organizzate in **categorie** (o tematismi), che raggruppano logicamente degli insiemi di oggetti geografici. Gli elementi che appartengono ad una categoria possono essere puntuali, lineari e areali.

Le **categorie** previste sono:

1) categoria geologia : contiene le delimitazioni e le descrizioni degli elementi areali che costituiscono il cuore di una carta geologica, inclusi gli elementi tettonici principali ;

2) categoria simbologia : contiene tutti gli elementi propri della geomorfologia nonché altri elementi simbolici di diverso tipo ;

3) categoria osservazioni : contiene gli elementi derivati da osservazioni di campagna.

Il processo di informatizzazione dei dati

Per il disegno digitale dei limiti della carta geologica si è scelta la via di una rasterizzazione di un lucido all'uopo predisposto, la sua georeferenziazione, e la successiva vettorializzazione semi-automatica.

Tale scelta è stata preferita dopo alcune prove per i tempi e le precisioni ottenute. La digitalizzazione manuale (sia a video che da tavolo digitalizzatore) viene comunque utilizzata per elementi sia tettonici che simbolici .

Il processo seguito si articola nelle seguenti fasi principali.

Preparazione lucido indeformabile

Dagli OA si predispose un lucido indeformabile contenente i dati lineari ed areali più importanti della carta.

Con penna a china di spessore 0,1 o 0,15 mm si riportano i limiti geologici e degli affioramenti, gli elementi tettonici ed almeno 20 punti di riferimento, ripresi dall'inquadramento e dal reticolato chilometrico. Elementi diversi vengono distinti con tratteggio diverso.

Scansione lucido e base topografica

La scansione viene fatta con scanner a tamburo ANATECH con una risoluzione di 300 dpi.

Georeferenziazione raster

Il raster ottenuto dalla scansione viene poi ritagliato e georeferenziato sui 16 punti che sono riportati sul lucido stesso.

In genere si procede con due trasformazioni:

- una prima referenziazione grossolana basata sui quattro vertici della sezione, con una trasformazione di Helmert, che opera una semplice rotazione e scalatura del raster;
- una seconda georeferenziazione di tipo affine che, basata almeno sui 16 punti fiduciarî della sezione, permette di collocare correttamente il raster sulle coordinate reali.

Il grado della trasformazione verrà determinato minimizzando i valori residui ottenuti per i punti fiduciarî (generalmente varia dal secondo al quarto ordine). Gli errori che si ottengono su detti punti dovrebbero essere comunque sempre inferiori a 2 metri; solo in casi particolari si potranno accettare errori fino a 5 metri. Viene comunque mantenuta la documentazione della conversione eseguita, con i punti e gli errori utilizzati.

Vettorializzazione limiti geologici

La vettorializzazione dei limiti avviene in maniera semi-automatica: ciascun oggetto geografico viene identificato manualmente come appartenente ad una determinata *feature* e quindi vettorializzato con un inseguimento delle linee raster.

Nel caso di sovrapposizione di diverse *feature* appartenenti allo stessa categoria si potranno attribuire più *feature tag* al medesimo arco.

Nel caso invece in cui si verifichi l'appartenenza di alcuni tratti di arco a più categorie si procederà, dopo l'operazione di generalizzazione e *smoothing* del file, alla loro duplicazione ed editazione (con nuovo *feature tagging* ed eventuale ritaglio).

Smoothing e filtering

Dato che i processi di vettorializzazione automatica raccolgono un gran numero di vertici, spesso con andamento "a scaletta", si opera poi sugli archi un processo di generalizzazione e di arrotondamento. Il primo processo rimuove i vertici ridondanti, posto che la spezzata ottenuta non si discosti dall'originale più di una distanza ammissibile (generalmente posta ad un metro). Il secondo aumenta il numero dei vertici della spezzata in corrispondenza degli angoli acuti, arrotondandone l'andamento.

Digitalizzazione degli elementi simbolici e delle osservazioni

Gli elementi geografici simbolici che non sono stati inseriti nel lucido iniziale sottoposto a vettorializzazione vengono inseriti tramite digitalizzazione.

Fissato al tavolo digitalizzatore l'originale d'autore, si opera una definizione di trasformazione tra le coordinate del tavolo digitalizzatore e quelle espresse in metri del sistema nazionale Gauss-Boaga.

Si ritengono accettabili errori RMS non superiori a 0,03 %.

Anche gli elementi così digitalizzati dovranno soddisfare alle tolleranze geometriche di 0.5 mm alla scala 1: 10.000, e saranno comunque verificati ed approvati dal rilevatore.

Plottaggio di controllo e codifica delle aree

Terminata la fase di vettorializzazione si procederà con una prima verifica dei dati acquisiti con un plottaggio di controllo eseguito su carta lucida.

Terminate le verifiche interne e le eventuali correzioni, si fornirà al rilevatore un plottaggio su carta lucida della sezione, contenente i limiti digitalizzati, affinché lo confronti con la carta originale, ne corregga errori ed imprecisioni, e risolva le situazioni risultate poco chiare da interpretare.

Terminata la fase di correzione degli archi, il rilevatore provvederà a codificare ogni singola area, apponendo a china su lucido una sigla che, secondo una legenda fornita appositamente, caratterizzi la stessa.

Editazione e correzione degli errori grafici

Le incompletezze, gli errori e le incongruenze che emergono sia dall'esame dei plottaggi che dal controllo dei rilevatori sulle proprie carte di campagna vengono immediatamente recepite sul prodotto digitale.

Cleaning

Questo processo permette di:

- verificare la corretta chiusura delle linee alle intersezioni;
- spezzare le linee non interrotte nei nodi;
- verificare che non ci siano linee duplicate.

Usualmente la tolleranza entro la quale si verifica una chiusura automatica delle linee ai nodi è posta a 2 metri. Gli eventuali archi pendenti che non venissero corretti perché posti oltre detta distanza vengono segnalati e corretti manualmente.

Posizionamento centroidi

Questa procedura posiziona automaticamente un centroide (o *label point*) in ogni poligono individuato dalle intersezioni degli archi processati. Il procedimento automatico evita da una parte che alcune aree ne siano sprovviste, e dall'altra evidenzia la presenza di aree spurie (*slivers*) che devono essere eliminate.

Prima compilazione delle tabelle associate

La prima compilazione delle tabelle associate viene fatta interattivamente in ambiente grafico, da un operatore esperto che inserisce le codifiche riportate dal rilevatore su foglio lucido, associandole al centroide posizionato dal sistema. La sequenza di inserimento potrà essere scelta dall'utente per zone o secondo una *queue-list* generata dal sistema. L'inserimento dei dati associati avviene con un interfaccia apposita che (tramite Access) guida l'utente alla compilazione delle tabelle Oracle che definiscono ciascun poligono. I controlli definiti sulle tabelle vengono effettuati già in questa fase.

In alternativa l'inserimento prevede la possibilità di operare inizialmente da PC semplicemente inserendo dei testi la cui origine stia all'interno dei poligoni cui si riferiscono.

In modalità *batch* si caricheranno poi detti codici nella tabella associata al *label-point*, si effettueranno le verifiche e si compileranno le tabelle associate.

Anche la compilazione dei campi tessiturali vengono effettuate direttamente in ambiente grafico.

Al termine dell'inserimento viene controllato che ciascun centroide abbia le codifiche obbligatorie.

Transizione dei dati in ambiente Arc-info

Il passaggio dei dati tra i due ambienti, già sperimentata manualmente, dovrà essere proceduralizzata.

Molte codifiche che sono implicite nella definizione di *feature* saranno esplicitate nel corso del trasferimento, in modo da non perdere alcuna informazione contenuta nella struttura dati originale. Verranno anche effettuati alcuni accorpamenti per alcune voci di legenda non previste in ambito nazionale dal SGN.

4.2. - CRITERI PER I CONTROLLI

La verifica della base dati è volta alla validazione della procedura di digitalizzazione adottata al fine di certificare l'accuratezza posizionale e logica dei vari oggetti, eliminando le incongruenze dovute ad errori di processo (manuali o di elaborazione automatica).

Il controllo in generale deve prevedere tre tipi di valutazione:

Valutazione di Consistenza

Si intende la correttezza in termini quantitativi e logici degli oggetti acquisiti rispetto all'OA ed al modello di riferimento. Tale valutazione prevede quindi il controllo di *completezza* della acquisizione di tutti gli oggetti originali e la verifica della loro corretta collocazione all'interno dei diversi strati informativi.

È inoltre rilevante il controllo relativo alla codifica ed alla valorizzazione degli attributi associati.

Si ricorda in tale sede il principale degli aspetti della verifica, ossia la completezza della codifica identificativa degli oggetti e la sua congruenza rispetto allo strato informativo in cui l'oggetto è stato memorizzato.

Valutazione di Congruenza geometrica

Si intende con congruenza geometrica la corretta attribuzione dell'insieme di coordinate di un'entità rispetto ad un vincolo cartografico oppure topologico verso altre entità dello stesso strato informativo o di altri. Rientrano ad esempio in questa voce le esigenze di condivisione di archi delimitanti due poligoni *adiacenti* di unità geologiche, piuttosto che l'appartenenza in termini di *inclusione* di un punto di osservazione geologica entro un poligono di unità cartografabile geologica.

Per quelle entità per cui è richiesta la congruenza geometrica si dovrà imporre che ogni oggetto geometrico, che appartenga fisicamente a più entità o che sia stato acquisito più volte per ogni entità, sia caratterizzato dagli stessi valori di coordinate in ogni sua memorizzazione.

Valutazione di Congruenza grafica

Si intende con congruenza grafica la correttezza del dato in termini posizionali rispetto a criteri di tolleranza grafica definiti dalla scala di acquisizione e rappresentazione: la valutazione consiste nel rilevare

eventuali errori di graficismo (scorretta trasposizione informatica del dato geometrico) al di sopra di un valore soglia definito. Nel caso non sia prevista congruenza geometrica tra le entità in oggetto di valutazione, l'errore deve essere riportato sotto il valore soglia attraverso nuove operazioni di editing geometrico.

Il controllo del rispetto delle congruenze grafiche potrà essere effettuato attraverso la produzione in scala coerente di plottaggi, o qualora fosse necessario con l'adozione di stazione grafica, delle geometrie con successive verifiche visive e/o strumentali degli errori grafici.

4.2.1. - *Controlli a fine lavoro*

4.2.1.1. - Tipologie dei controlli

I controlli sui file a fine lavoro, definibili anche come veri e propri collaudi, possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:

a) **Controllo formale** (verifica della corrispondenza con le prescrizioni contenute nel presente volume)

- a.1 esistenza
- a.2 numero
- a.3 copertura dell'area di fornitura
- a.4 formato
- a.5 identificazione (nomi)
- a.6 topologia
- a.7 struttura dei record e vincoli tra record geometrici e record delle tabelle associate
- a.8 nomi, tipologie e lunghezze dei campi
- a.9 vincoli dei valori ammessi di ogni campo

b) **Controllo informativo** (verifica della corrispondenza fra le entità presenti nei file e il contenuto informativo dell'OA)

- b.1 entità puntuali (tipo entità e valori degli item nelle tabelle associate)
- b.2 entità lineari (idem)
- b.3 entità poligonali (idem, con particolare riguardo per le "sigle" dei poligoni)

c) **Congruenze** (verifica delle congruenze informative e geometriche previste in AA.VV. (1992) e nel Capitolo 3 del presente volume)

- c.1 congruenze informative tra le diverse entità (ad esempio tra i punti di osservazioni geologiche ST019 e unità cartografabili geologiche ST018 - caso linee)
- c.2 congruenze geometriche tra diverse entità (ad esempio tra punti di osservazioni geologiche ST019 e campioni geologici ST017, tra ST019 e unità cartografabili geologiche ST018 - caso linee)

d) **Geometrie** (verifica della corrispondenza con le tolleranze geometriche previste in 4.1.1 del presente volume)

- d.1 calibrazione e georeferenziazione file raster
- d.2 validazione supporto per la digitalizzazione (in alternativa al punto d.1)

d.3 georeferenziazione file vettoriali

d.4 scostamenti raster/vettoriale

d.5 scostamenti supporto digitalizzazione/plottaggi per controllo geometrico (in alternativa al punto d.4)

e) **Attacchi** fra OA dello stesso foglio (verifica della corrispondenza con la documentazione prodotta)

e.1 controllo geometrie di attacco e connessioni topologiche per archi e poligoni

e.2 controllo informativo per archi e poligoni

e.3 controllo deformazioni geometriche indotte nella fascia di attacco

4.2.1.2. - Percentuali di applicazione ed esito dei controlli

I controlli di tipo (a - formale), (b - informativo) ed (e - attacchi) sono effettuati sul 100% dei dati.

I controlli di tipo (d - geometrie) e (c - congruenze) sono effettuati a campione sul 20% dei dati.

Tutti i controlli, ad eccezione del tipo (d - geometrie), avranno esito favorevole se non si riscontrerà alcun errore.

Il controllo di tipo (d - geometrie) avrà esito favorevole se non più del 3% degli archi e dei punti avrà scostamenti superiori alle tolleranze previste, inoltre tali scostamenti non dovranno mai superare il doppio delle tolleranze. La percentuale del 3% fa riferimento al singolo strato nel singolo OA.

Nel caso di errori riscontrati con controlli a campione (tipi d-c) e superiori ai relativi limiti ammessi (3% e 0%) si dovrà provvedere, oltre alle correzioni necessarie, ad una verifica su un secondo campione.

4.2.1.3. - Esecuzione dei controlli

Il SR provvede alla autocertificazione dell'esecuzione dei controlli : b - informativo e d - geometrie. Il SGN provvede, entro 60 gg., all'esecuzione dei controlli : a - formale, c - congruenze ed e - attacchi, riservandosi la possibilità di effettuare, sempre negli stessi limiti di tempo, anche gli altri tipi di controllo.

Nel caso in cui il SGN riscontrasse incongruenze, il SR dovrà provvedere entro 60 gg. a ripresentare al SGN i file con gli aggiornamenti richiesti.

4.2.2 - Esempio

4.2.2.1. - Il caso della Regione Emilia Romagna

Di seguito verrà illustrato l'esempio della Regione Emilia Romagna che ha costruito con appalti a ditte esterne la propria banca dati geologici riferita alla cartografia geologica alla scala 1 :10.000 ed allo stesso modo acquisirà i fogli del progetto CARG.

Il committente dell'appalto dovrà prevedere una continua assistenza alla ditta che vincerà l'appalto, durante lo svolgimento del lavoro. Questa fase oltre a garantire la risoluzione a monte degli eventuali problemi che si presentano negli elaborati, permette una forma di controllo sulle attività e sui metodi della ditta.

Nel caso di appalti che prevedano l'acquisizione di più fogli, può essere consigliabile prevedere una fase prototipale sul primo foglio, prima di iniziare il ciclo produttivo, in modo da verificare se tutto sia a punto e se i risultati finali ottemperino le normative tecniche.

Questa fase prototipale risulta utile anche al committente, permettendogli di pianificare le future fasi di collaudo.

Il collaudo si può dividere in varie fasi, conseguenti l'una all'altra. Innanzi tutto va verificata la corrispondenza tra il supporto magnetico consegnato e la tipologia richiesta e la sua leggibilità ; a questo punto possono cominciare i collaudi di tipo "formale e di esistenza". È necessario controllare che il formato di scambio sia quello concordato, che i file siano tutti presenti e si chiamino con nomi conformi alla normativa.

La RER a volte ha richiesto come fornitura dei files ascii, con cui fosse possibile generare coperture Arc/Info, altre volte ha richiesto direttamente la fornitura di coperture, quindi di files .E00.

Quando l'oggetto della fornitura sono dei files ascii viene controllata la loro struttura, per verificare che siano utilizzabili nella generazione di coperture ; se i requisiti sono rispettati si passa a generare le coperture.

Quando l'oggetto della fornitura sono files .E00 è necessario controllare la possibilità di importazione, creando le coperture corrispondenti. Le coperture generate, in entrambi i casi, vanno controllate dal punto di vista topologico, quindi la chiusura dei poligoni, la situazione delle labels (duplicazione, assenza), il rispetto della struttura arco-nodo.

Successivamente, ciascuna copertura dovrà essere analizzata dal punto di vista formale : che tutte le tabelle che le appartengono siano presenti, che i loro nomi siano corretti, che la loro struttura sia rispettata. È necessario quindi controllare che tutti i campi siano conformi, come tipologia, lunghezza e nomenclatura con la normativa; che il numero dei record presenti in ciascuna tabella rispetti le relazioni esplicitate nel modello fisico dei dati.

Il controllo informativo delle tabelle può essere eseguito con varie modalità, a seconda delle caratteristiche della copertura in esame. Alcuni campi, il cui valore è sottoposto a vincoli ben precisi (come ad esempio essere sempre > 0 , non essere mai > 90 ecc.) possono essere controllati attraverso l'uso di procedure automatiche, scritte ad hoc.

Altri controlli di tipo informativo vanno fatti controllando se l'O.A. è stato ben interpretato ; confrontandolo quindi con "viste" sul video o con plottaggi a scala variabile di uno o più tematismi.

Anche nel caso di un unico foglio al 50.000, si presenterà comunque il problema degli attacchi tra i 4 O.A. al 25.000, attacchi che dovranno essere controllati sia dal punto di vista informativo (linee o poligoni interrotti dal bordo carta devono essere omologhi e avere le stesse caratteristiche nei due O.A. contigui) che geometrico (gli archi interrotti dal bordo non devono presentare discontinuità).

Oltre ai controlli formali ed informativi, vanno previsti anche controlli di tipo geometrico. La RER si è comportata in maniera diversa, a seconda del tipo di acquisizione dei dati.

In caso di acquisizione dal tradizionale tavolo digitalizzatore è necessario produrre plottaggi indeformabili, con punti di controllo a coordinate note (ad es. reticolo di Gauss o UTM). Si procede poi ad una "sovrapposizione per piccole porzioni" (massimo 20 cm/carta x 20 cm/carta) ed al controllo degli scostamenti, che devono risultare inferiori alle tolleranze ammesse in sedi di capitolato d'appalto.

In caso di scansione e successiva vettorializzazione dell'O.A., si procede al controllo degli scostamenti, confrontando il file raster georeferenziato con l'omologo vettoriale, tale confronto può avvenire sull'intero campo cartografico.

La georeferenziazione viene normalmente controllata attraverso gli scarti fra le coordinate nominale e quelle calcolate sul singolo punto e sull'insieme dei punti.