

Un modello concettuale di banca dati per l'informatizzazione di carta geomorfologica: alcuni casi d'esempio

A conceptual model of data-bank for a computer-based geomorphological map: some case studies

CIPOLLONI C. (*), CECILI A. (**), DRAMIS F. (**), GRACIOTTI R. (*)

RIASSUNTO - Sulla base di alcuni rilevamenti geomorfologici condotti e finalizzati alla realizzazione di cartografie digitali, è stato messo a punto un modello fisico di banca dati, al fine di rendere gli eventuali *database* geomorfologici utilizzabili per l'allestimento di carte geomorfologiche a diversa scala. Il modello di banca dati proposto prevede la possibilità di sfruttare le informazioni anche per realizzare carte geotematiche di vario tipo e per effettuare analisi geomorfologiche quantitative più specifiche (CIPOLLONI *et alii*, 2005a).

Sono stati identificati 5 insiemi di informazioni, provenienti non solo dal database geomorfologico ma anche dagli archivi dei progetti CARG e IFFI.

Il modello concettuale è stato sviluppato a partire dalle linee guida della carta geomorfologica alla scala 1:50.000 (A.A.VV., 1994), implementando attributi utili alla gestione della cartografia a scala multipla e alla valutazione e analisi della cronologia dei processi morfogenetici.

PAROLE CHIAVE: banca dati, geomorfologia, carte tematiche, codici numerici, cartografia semi-automatica.

ABSTRACT - On the basis of geomorphological field-work associated with the elaboration of digital maps, we elaborated a database model to make the landform data useful to produce geomorphological maps at different

scales. The database model provide the possibility to elaborate different kind of thematic maps and to perform quantitative geomorphological analysis. We identified five groups of information coming from not only a geomorphological database but also from the CARG and IFFI projects archives. We developed the conceptual model following the guide by the Italian Geological Survey for geomorphological mapping at scale 1:50.000, increasing the attributes useful for cartography management at multiple scales for the evaluation and the analysis of the surface processes chronology.

KEYWORDS: Database, geomorphology, thematic maps, numerical codes, semi-automatic cartography.

1. - INTRODUZIONE

Dall'esigenza di realizzare una banca dati geomorfologia che rispondesse, allo stesso tempo, a necessità di tipo cartografico in senso classico, e a finalità applicative, fornendo strumenti per la gestione del territorio, è nata l'idea di strutturare un modello fisico di banca dati "aperto". Il lavoro è stato basato principalmen-

(*) APAT - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia

(**) Dipartimento di Scienze Geologiche - Università degli Studi "Roma Tre"

te sulle “linee guida” presentate nel Quaderno 4 serie III, del SERVIZIO GEOLOGICO D’ITALIA (AA.VV., 1994) integrandole, ove necessario, con opportune modifiche laddove la chiave di lettura di forme e processi non era conforme alle esigenze dell’informatizzazione.

In accordo con quanto espresso nel Quaderno 4 serie III, e anche nei Quaderni 3 del SERVIZIO GEOLOGICO D’ITALIA (AA.VV., 1995) e 6 (AA.VV., 1997) della stessa serie, le informazioni introdotte possono essere suddivise di due categorie: a) *elementi con proprietà geometrica e descrittiva* e b) *elementi solo descrittivi*. Data la natura degli oggetti in esso inseriti (CARMIGNANI *et alii*, 2001a, 2001b), il modello concettuale del *database* geomorfologico presenta una netta preponderanza di informazioni del primo tipo,

Nel modello proposto i dati territoriali vengono suddivisi in cinque ordini informativi: *idrografia, litologia, forme gravitative e/o di dissesto, forme antropiche e forme dovute ad altri processi morfogenetici*. Ognuno di tali ordini ha, al suo interno, una serie di livelli tematici geografici e/o descrittivi, variabili in funzione del territorio investigato.

La correttezza e l’efficienza del modello sono state verificate nella realizzazione di carte geomorfologiche e geotematiche a diversa scala (CIPOLLONI *et alii*, 2005a).

2. - MODELLO CONCETTUALE DEI DATI

L’analisi integrata del Quaderni della III Serie del SERVIZIO GEOLOGICO D’ITALIA (AA.VV., 1994, 1995a, 1995b, 1997), consente di individuare alcuni ordini informativi, necessari alla composizione della cartografia geomorfologica. In un’ottica di integrazione e interazione tra banche dati territoriali, le informazioni raggruppate in tali ordini possono interfacciarsi con quelle comprese in altri archivi già realizzati o in corso di realizzazione a livello nazionale, quali ad esempio le banche dati dei progetti CARG (Cartografia Geologica del territorio nazionale in scala 1:50.000), soprattutto per quanto riguarda l’idrografia e la litologia, e IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) (AA.VV., 2005).

I cinque ordini informativi identificati: *idrografia, litologia, forme gravitative e/o di dissesto, forme antropiche e forme dovute ad altri processi morfogenetici*, risultano composti nel modo di seguito illustrato:

a) *Idrografia* - Quello dell’idrografia è un tema essenzialmente geometrico: lineare, talora con tabelle descrittive collegate, per rappresentare gli oggetti “*fiumi e fossi*”; poligonale, anch’esso talora collegato a tabelle descrittive, per i “*laghi*”; puntuale per le “*sorgenti*”. Quest’ultima informazione può essere desunta, in alternativa, sia dalle informazioni digitali topografiche, sia della banca dati CARG, sia dallo strato informativo degli oggetti di superficie della banca dati idrogeologica.

b) *Litologia* - Le informazioni sulla litologia associate alla banca dati geomorfologia e identificate tramite un codice geomorfologico (AA.VV., 1994), sono rappresentate dal solo tema geometrico-descrittivo poligonale, relativo alla riclassificazione in funzione delle caratteristiche tecniche (AA.VV., 1994) dello strato informativo geologico (livello ST018.PAT e relativi collegamenti della banca dati CARG; AA.VV., 1997).

c) *Forme gravitative e/o di dissesto* - Queste forme, identificate tramite un codice geomorfologico (AA.VV., 1994) comprendono informazioni sia geometriche che descrittive. Nel nostro modello concettuale esse sono collegate tra loro attraverso un puntatore che può anche collegare lo strato informativo ad una banca dati esterna (ad esempio: la banca dati IFFI). Lo strato delle forme di dissesto prevede un tema geometrico-descrittivo poligonale, corrispondente ai *corpi di frana*, un tema lineare rappresentante le *nicchie di frana* e le *scarpate di degradazione* in genere e un tema puntuale che identifica le *frane di dimensioni non cartografabili fedelmente in scala* oltre che il *punto sorgente* delle frane di maggiori dimensioni (corrispondente al PIF della banca dati IFFI).

d) *Forme antropiche* - Lo strato delle forme antropiche si compone soprattutto dei temi poligonale e lineare; un tema puntuale può descrivere situazioni localizzate di grande importanza in modo del tutto analogo al PIF delle frane.

e) *Forme dovute ad altri agenti* - In rapporto alla scala, queste forme si compongono: di un tema lineare per forme di erosione concentrata, di un tema poligonale per le aree di erosione e per le superfici di accumulo, di un strato geometrico-descrittivo puntuale per tutte le forme minori o locali o per situazioni puntiformi di interesse particolare (ad es. i punti sorgente di canali fluviali).

L’insieme degli strati geometrici e descrittivi elencati in precedenza costituisce il modello concettuale dei dati geomorfologici (fig. 1), at-

traverso il quale è possibile ottenere mediante procedure semi-automatizzate carte geomorfologiche e geotematiche utili all'analisi ed alla valutazione della pericolosità. In ragione di quanto descritto dalle linee guida del Quaderno 4 serie III, si riscontra che tutti gli strati hanno, come campi obbligatori, il codice identificativo delle forma e del processo (*codice di base*) e il campo collegato che descrive la forma stessa. Il modello proposto introduce la possibilità di inserire una serie di codici identificativi della forma e del processo, che permettano in modo semplice di valutare la cronologia dei processi morfogenetici che hanno modellato la forma attuale. Si è così trasformato il *codice di base* in *codice geomorfologico primario*, cui possono seguire un *codice geomorfologico secondario*, uno di *terza generazione* e quanti altri siano necessari. Al fine di semplificare la codi-

fica cartografica e analitica, tali codici sono stati aggiunti direttamente all'attributo dello stato di attività ($N = non\ attivo, A = attivo$), pertanto il codice identificativo è composto da un alfanumerico all'occasione seguito da una delle due lettere. Il primo codice rappresenta l'agente morfogenetico principale, il secondo identifica, se presente, il processo morfogenetico sovrainposto e di più recente generazione e così via fino a caratterizzare la forma nel modo più "completo" possibile.

Nella tabella descrittiva associata si è ritenuto inserire i seguenti codici, utili ad una più ampia definizione del fenomeno: un *campo descrittivo della forma*, un *campo descrittivo delle osservazioni di campagna*, un *codice numerico di datazione* e un *campo errore datazione*.

Per l'ordine informativo delle frane si ritengono necessari anche i seguenti codici: codice

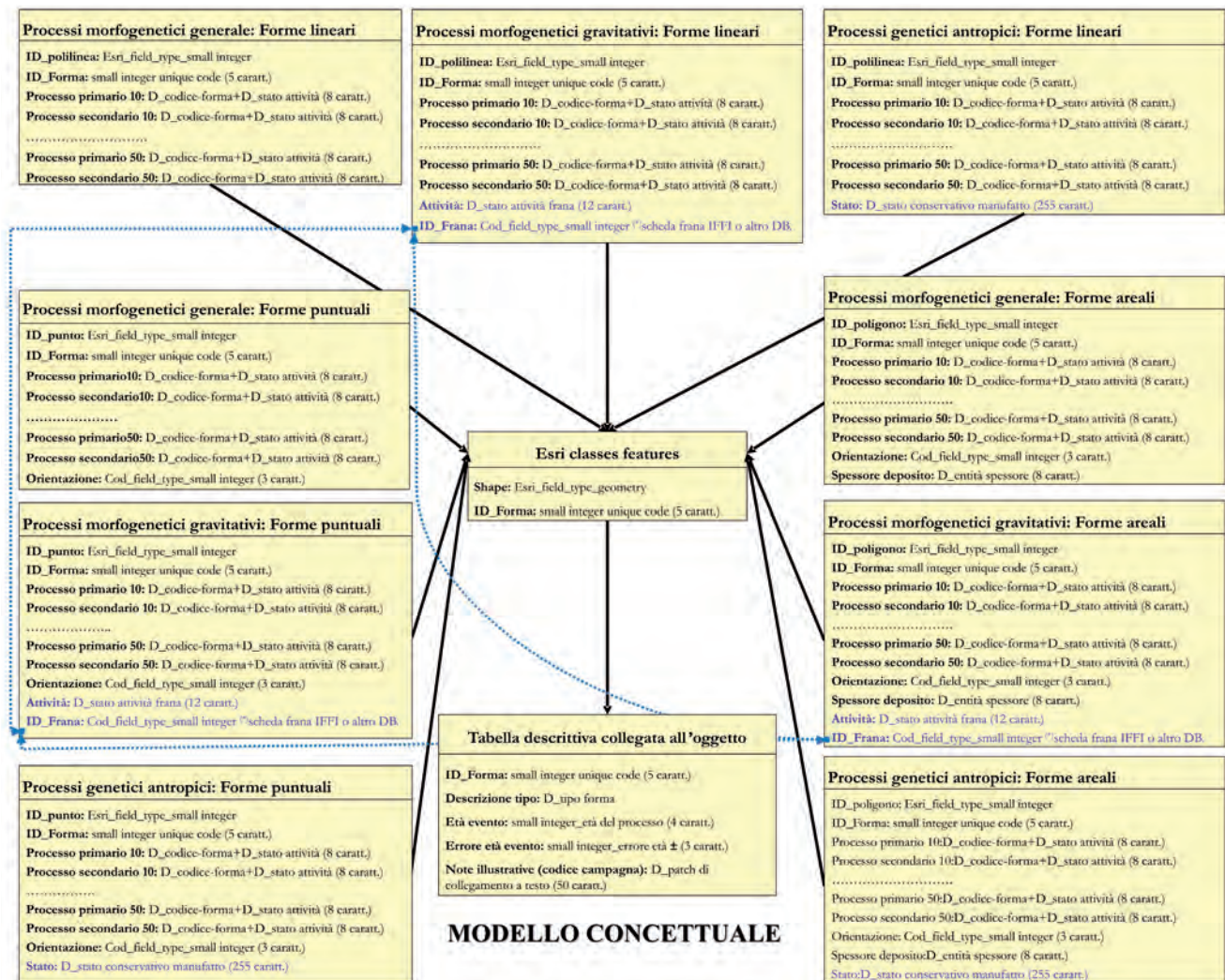


Fig. 1 - Modello concettuale dei dati geomorfologici e definizione degli strati informativi necessari.
 - Conceptual model of geomorphological data and definition of the requisite informative layers.

descrittivo dello stato di attività; codice numerico della data di prima attivazione; codice identificativo della morfologia della frana; codice numerico di eventuali riattivazioni; codice descrittivo dell'evento innescante il fenomeno; codice numerico del volume movimentato. Il codice dell'attività di frana non risulta ridondante rispetto alla lettera identificativa del codice geomorfologico poiché, proprio nei fenomeni franosi, e in particolare in quelli con evoluzione a scatti (DRAMIS & BISCI, 1998), è particolarmente significativa l'identificazione della data dell'ultimo evento di riattivazione e, quando possibile, quelle degli eventi precedenti. È altrettanto importante nelle analisi applicative l'identificazione delle aree di scarpata rispetto a quelle del corpo e del piede dell'accumulo, da cui la necessità di un codice identificativo della morfologia della frana.

2.1. - SCALABILITÀ DEL MODELLO DATI

Un'innovazione al modello concettuale dei dati introdotta prevalentemente per migliorare la rappresentazione delle informazioni secondo un approccio multi-scalare della cartografia è la realizzazione di codici geomorfologici "replica" nei diversi strati informativi associati alle varie geometrie di oggetto. Il modello dei "codici scalari", così come descritto e illustrato nella figura 2, permette di replicare le informazioni geomorfologiche di diverso ordine, relative ai processi genetici responsabili della forma, tenendo conto delle differenti scale di visualizzazione e replicando l'oggetto (forma) secondo primitive geometriche differenti. Pertanto, un oggetto poligonale rappresentabile ad una scala di dettaglio (1:10.000), viene replicato, se l'estensione areale non risulta identificabile ad una scala di minor dettaglio (1:25.000 - 1:50.000) in un oggetto lineare o puntuale; per cui i codici geomorfologici vengono duplicati negli strati informativi delle primitive geometriche corrispondenti.

Di conseguenza, per non creare ridondanza del dato descrittivo univoco dell'oggetto anche se associato a diverse geometrie, la tabella delle informazioni descrittive, viene collegata tramite puntatori univoci della forma e non dell'oggetto geometrico, ai vari oggetti che compongono la forma stessa alle diverse scale di rappresentazione. A tal fine, per facilitare la gestione delle descrizioni sintetiche e di campagna associate alla forma, il campo descrittivo della forma è stato collegato al co-

dice geomorfologico, mentre nel campo descrittivo di campagna è stato inserito un *patch* di riferimento in formato testo (rtf), collegato al *file* legenda. Nella stessa tabella descrittiva è stato messo il codice numerico di datazione, non obbligatorio ma comunque indispensabile per correlare i diversi depositi fra loro. Tale codice assume il valore di 9999 quando al deposito non è applicabile alcuna datazione, di 0000 quando la datazione è possibile ma non disponibile, e di un alfa-numerico quando si è ha a disposizione una data. In relazione con tale campo si è anche inserito un campo alfa-numerico descrittivo dell'errore associato alla datazione ($\pm XX$ quando l'errore è definito, 000 quando lo stesso non è definito, 999 quando non è definibile).

3. - ESEMPI DI APPLICAZIONE E VERIFICA DEL MODELLO

Una volta strutturato lo scheletro del *database* geomorfologico sono state eseguite valutazioni della sua efficienza, a partire da una serie di banche dati campione, provenienti da rilevamenti geomorfologici eseguiti in diverse zone d'Italia. La varietà delle aree campione è stata dettata anche dalla necessità di verificare l'affidabilità della legenda in diversi ambienti morfologici e climatici, includendo in tal modo gran parte delle tipologie morfologiche identificabili sul territorio nazionale.

Un grande banco di prova del modello concettuale è stata la banca dati prodotta per la realizzazione della cartografia geomorfologia a scala di dettaglio (1:5.000 e/o 1:10.000) dell'Arcipelago Toscano (DRAMIS, Coord, in stampa), ma altrettanto utili sono state le banche dati geomorfologico-applicative realizzate per un settore del Gran Sasso nell'Appennino Centrale, per il bacino del Torrente Colognati in Calabria nord-orientale e della zona di Canale Monteranno nei Monti Sabatini. Quest'ultime banche dati avendo come obiettivo la realizzazione di studi finalizzati all'analisi della pericolosità territoriale, hanno permesso di mettere a punto un modello fisico dei dati di tipo "aperto", ovvero capace di interfacciarsi e dialogare con altre fonti informative, lasciando la possibilità di inserire un puntatore numerico di rimando alle banche dati esterne. Le informazioni geomorfologiche sono state acquisite sia con le modalità classiche, digitalizzando e inserendo successivamente i dati nella banca, sia con nuove tecniche digitali,

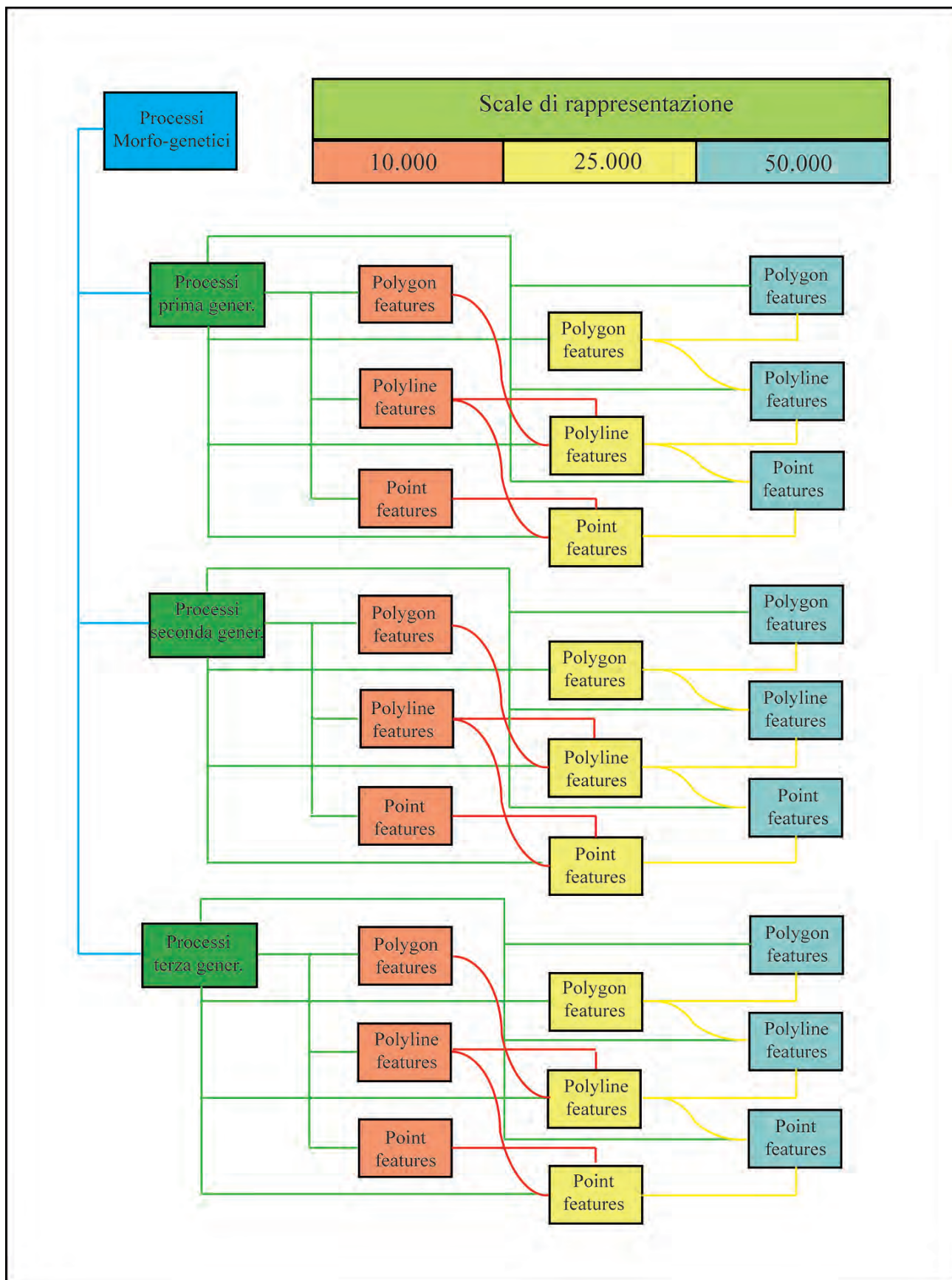


Fig. 2 - Schema dei rapporti multi-scalari tra i diversi oggetti e la loro rappresentazione.
 - Scheme of the multi-scalar relationships between different objects and their representation.

inserendo i dati in forma digitale direttamente in campagna. In entrambi i casi si è tenuto conto della rappresentabilità delle forme alle diverse scale di visualizzazione cartografica, queste pertanto sono state vettorializzate, valutandone la variabile multi-scalare nelle diverse primitive geometriche. L'acquisizione sul terreno dei dati digitali si è avvalsa tra l'altro di una correzione metrica delle posizione della forma fornita dal GPS.

Questi primi rilievi digitali sono stati utili per mettere alla prova l'applicabilità del modello fisico dei dati alla realtà territoriale e in fase di acquisizione diretta delle informazioni per favorire lo sviluppo, ancora in *itinere*, di specifiche maschere di "data entry" da usare spedatamente in campagna.

Per meglio comprendere il modello di multi-scalarità del dato nelle figure 3 e 4 ven-

gono messi a confronto come esempio degli stralci cartografici della stessa area a diverse scale, realizzati direttamente dalla banca dati solo definendo il diverso attributo di classificazione.

4. - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il modello di banca dati proposto, rappresenta un primo tentativo di schematizzare la complessità dei fenomeni geomorfologici, spesso interconnessi tra loro, ponendosi come obiettivo primario quello di poter gestire e realizzare cartografie geomorfologiche a scale di diverso dettaglio. Tale modello è concepito non solo per archiviare in modo digitale le informazioni geologico-geomorfologiche, ma anche per poter effettuare analisi geotematiche interfacciandosi e dialogando

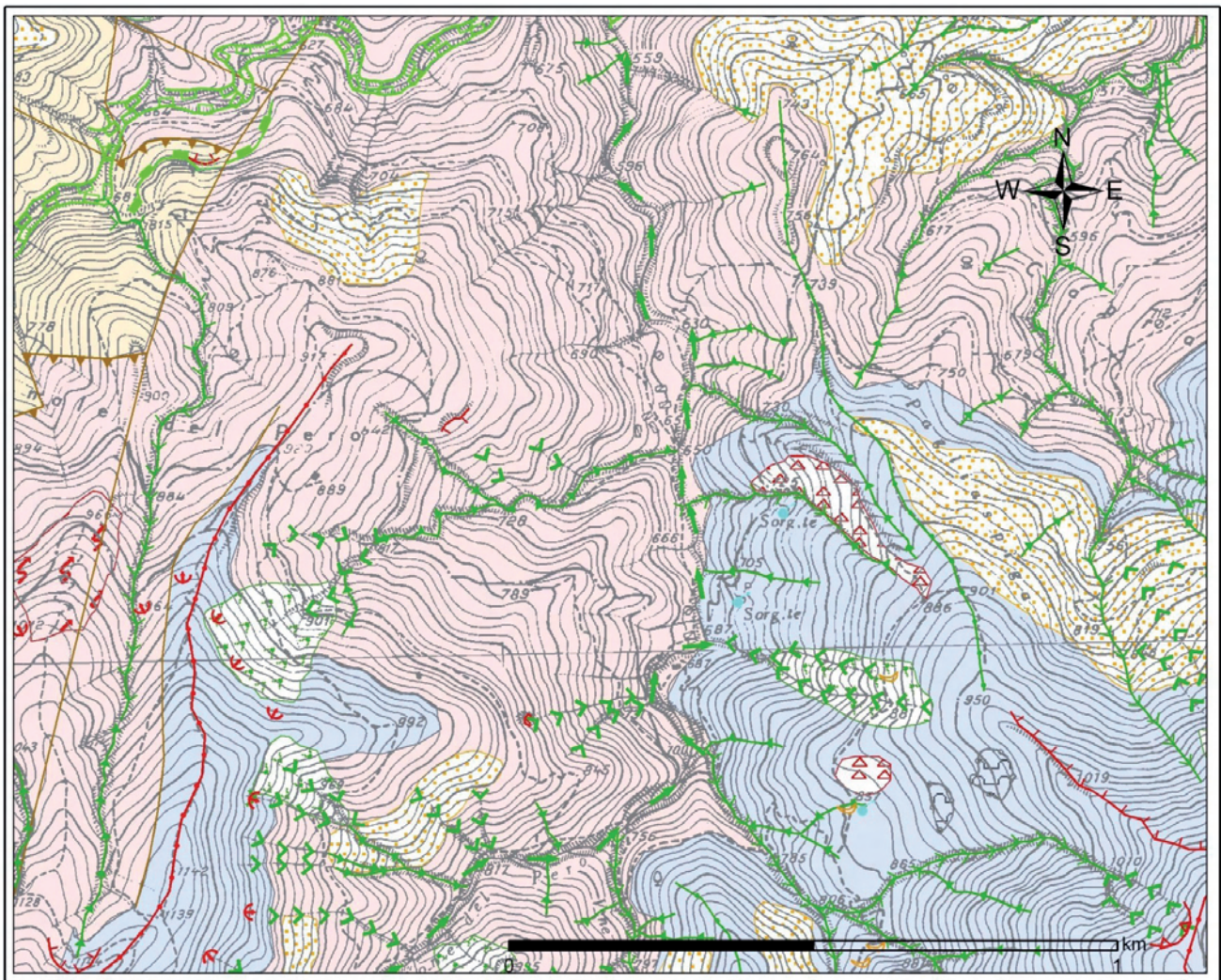


Fig. 3 - Esempio di cartografia geomorfologica prodotta dalla banca dati selezionando i codici geomorfologici relativi alla rappresentazione 1:10.000.
- Example of geomorphological map generated from the data-bank by selecting the 1.10.000 geomorphological codes.

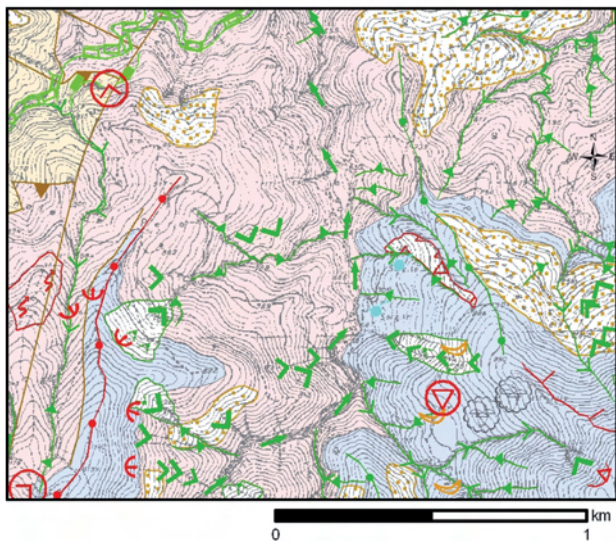


Fig. 4 - Stralcio di cartografia geomorfologica prodotta dalla banca dati selezionando i codici geomorfologici relativi alla rappresentazione 1:50.000. L'area rappresentata è la stessa di figura 3.
- Example of geomorphological map generated from the data-bank by selecting the 1:50.000 geomorphological codes. The mapped area is the same as in figure 3.

con altri archivi di dati; inoltre, il modello lascia la possibilità di evolvere la struttura al fine di poter ottenere modellizzazione tridimensionale dei depositi superficiali.

La banca dati contiene al suo interno anche un catalogo del modello digitale del terreno a medio-alta risoluzione, poiché vi sono parametri morfometrici che di per sé costituiscono un'informazione geomorfologica quantitativa. Essa è concepita in modo da poter sfruttare tutti gli strumenti messi a disposizione dai sistemi informativi per ottenere in modo automatico molte delle informazioni necessarie al completamento dell'informazione geomorfologica e della sua rappresentazione.

In considerazione dell'evoluzione futura dell'archivio delle informazioni morfometriche è necessario che alcuni elementi definiti e descritti dalle linee guida del Quaderno 4 serie III (AA.VV., 1994) siano modificati e rivisti, poiché inadatti a descrivere una realtà territoriale più complessa e rappresentabile in modo multi-scalare. Viceversa, si ritiene

che un vuoto ancora da colmare da parte del modello concettuale proposto, sia la correlazione poco chiara tra caratteristiche geologico-tecniche dei depositi e loro spessore, nonché la definizione dello spessore del relativo strato di alterazione dei depositi stessi, elementi questi non considerati dalle linee guida ma ritenuti importanti alla luce delle nuove direttrici della ricerca in campo geomorfologico (SCARCIGLIA *et alii*, 2006).

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1994) - *Carta Geomorfologica d'Italia 1:50.000*. Quaderni SGN, Serie III, 4: pp. 42, Roma.
- AA.VV. (1995a) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000 - Guida all'informatizzazione*, Quaderni SGN, Serie III, 3: pp.130, Roma.
- AA.VV. (1995b) - *Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione*. Quaderni SGN, Serie III:5: pp. 30, Roma.
- AA.VV. (1997) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000 - Banca Dati geologici*. Quaderni SGN, Serie III, 6: pp. 146, Roma.
- AA.VV. (2005) - *Progetto IFFI - Allegato tecnico dell'inventario dei fenomeni franosi d'Italia*; http://193.206.192.231/cartanetiffi/documenti.asp#Allegati_tecnici, pp.32, Roma.
- CARMIGNANI L., COLTORTI M., FANTOZZI P. L., GAMBERI F., GRAZIOSI B., PIERUCCINI P. & PIGHINI A. (2001a) - *GIS Application and Database Design in Geomorphological Mapping*. 5th International Conference on Geomorphology: pp. 64 - 66, Tokyo.
- CARMIGNANI L., COLTORTI M., PIERUCCINI P., CORNAMUSINI G., CONTI P., FANTOZZI P.L., GAMBERI F., GRAZIOSI B., SALVINI R. & SCIUZZI P.F. (2001b) - *Integrazione tra metodi di telerilevamento e GIS per il rilevamento della cartografia geologica e geomorfologica della regione Marche*. Atti 3° Forum FIST - Geoitalia 2001: pp. 270-271, Chieti.
- CIPOLLONI C., MOLIN P., CECILI A., D'OREFICE M., DRAMIS F & GRACIOTTI R. (2005a) - *Database and GIS application in geomorphology as a tool of landform attributes integration the landscape of the Tuscan Archipelago (Central Italy)*. Abstracts 6th Int. Conf. Geomorphology, Zaragoza, Spain: p. 381.
- DRAMIS F., Coord. - *Cartografia geomorfologica dell'Arcipelago Toscano*. APAT, Roma, in preparazione per la stampa.
- SCARCIGLIA F., VECCHIO G., DE ROSA R., ROBUSTELLI G., MUTO F., LE PERA E. & CRITELLI S. (2006) - *Il contributo della pedologia nell'analisi geomorfologica. L'esempio della Sila (Calabria, Italia meridionale)*, in questo volume.