

TITOLO: Generazione del DTM

COMPILATO DA: 2^a Direzione della Produzione e
Direzione Lavori Ricerca e Sviluppo

EMESSO E CUSTODITO DA: Direzione lavori ricerca e sviluppo

APPROVATO DA: Consiglio Scientifico dell'IGM

COMPOSIZIONE DEL DOCUMENTO

1. Generalità
2. Dati da utilizzare per la realizzazione del TIN
3. Condizioni da rispettare
4. Dati da consegnare
5. Tolleranze
6. Formati

RIFERIMENTI: Specifiche tecniche per la formazione del DB_25 e della corrispondente cartografia alle scale 1:25 000 e 1:50 000 della Carta Topografica d'Italia

Questo documento è di proprietà dell'istituto Geografico Militare e non può essere riprodotto, utilizzato e divulgato all'esterno dell'IGM senza la preventiva autorizzazione. Tutti i diritti sono tutelati a norma di legge.

1. Generazione del **DTM**

1.1 Generalità

Il **DTM** (Digital Terrain Model), le cui quote sono riferite al terreno, deve essere generato in forma di grigliato regolare con passo di 10 m mediante interpolazione di un TIN (Triangular Irregular Network) ottenuto da: punti quotati, profili altimetrici, particolari topografici restituiti in 3D e *break line*. L'accuratezza del modello altimetrico deve essere pari a 2 m (valore di 1σ), tale accuratezza è però relativa alle sole zone di terreno scoperto non accidentato. Il terreno scoperto è privo di: vegetazione e quanto altro impedisca una chiara collimazione per la valutazione della quota, di zone rocciose con un andamento morfologico aspro e di terrazzamenti intervallati a distanze confrontabili con il passo del **DTM**.

Nelle zone con :

- vegetazione estesa ed in presenza di alberi ad alto fusto, ove risulta impossibile la collimazione sul terreno, il valore dell'accuratezza è incrementato di un 1/4 dell'altezza media degli alberi;
- gli invasi (laghi, dighe, ecc.) la quota è riferita al livello dell'acqua al momento del rilievo;
- centri urbanizzati le quote sono riferite al piano della viabilità (strade, piazze, giardini, ecc) ed il modello sull'urbanizzato è derivato mediante interpolazione di tali quote.

Dal **DTM** devono in seguito essere ricavate le curve di livello, che costituiscono un prodotto di tipo grafico, da inserire sulla corrispondente cartografia. Le curve di livello, se necessario, possono essere sottoposte a successivo editing per assicurarne la leggibilità cartografica necessaria per il plottaggio finale. Le quote delle curve di livello devono in ogni caso rientrare nei limiti di tolleranza previsti per la restituzione tradizionale ed essere congruenti con i punti quotati presenti sulla cartografia.

Si richiede inoltre che la restituzione dei particolari topografici avvenga tutta in 3D distinguendo i particolari la cui quota non è riferita al terreno.

Il **DTM** finale deve principalmente descrivere l'andamento morfologico generale del terreno evidenziandone gli aspetti salienti con accuratezze differenti in funzione della morfologia del terreno. Oltre alle quote il **DTM** sarà quindi comprensivo della delimitazione di alcune zone con caratteristiche morfologiche particolari (centri abitati, invasi, ecc.) allo scopo di fornire indicazioni sulla accuratezza altimetrica reale.

La ditta deve inoltre consegnare la documentazione riguardante gli algoritmi utilizzati per la generazione del TIN (regole generazione triangoli) e del **DTM** (algoritmi interpolazione usati) a grigliato regolare.

1.2 Dati da utilizzare per la realizzazione del TIN

Per la generazione del TIN si utilizzeranno:

- a. i particolari topografici relativi a:
 - reti idrografiche a singolo o doppio bordo (non vengono mai utilizzati particolari quali viadotti, ponti, ecc.);
 - linee di acquisizione di scarpate;
 - parte della sola viabilità principale (su scarpate, rilevato, ecc.);
 - punti quotati (grafici, planimetrici o trigonometrici) da inserire sulla cartografia e riferiti al terreno.
- b. dati non riferiti a particolari topografici che sono acquisiti al solo scopo di creare il TIN:
 - punti quotati (punti con quota riferita a terra a densità prefissata)
 - break-line (linee sul terreno a brusca variazione in quota)
 - profili altimetrici (profili a 3D che possono anche non essere associati a particolari topografici ma che vengono introdotti per meglio descrivere l'andamento altimetrico del terreno).

I punti quotati altimetrici richiesti per la generazione del modello possono essere acquisiti anche mediante strumentazione di tipo digitale con software dedicato che fa uso di autocorrelazione.

Per brusche variazioni di quota sul terreno si intende una variazione della pendenza maggiore del 100% nell'ambito della distanza planimetrica pari al passo del grigliato del DTM.

I profili sono linee 3D sul terreno, non collegate a particolari topografici o a brusche variazioni della pendenza, che possono essere utilizzate per meglio descrivere la morfologia del terreno e generare il DTM.

Si precisa che l'accuratezza altimetrica del modello non è costante su tutta l'area ma viene differenziata in funzione della tipologia del terreno (vegetazione, urbanizzato, ecc.) delimitandone le zone.

I dati altimetrici che concorrono alla generazione del TIN sono quindi:

- a. i particolari topografici idrografici:
 - l'asse quotato del fiume, o del fosso, se a singolo tratto (codice LBH140 escluso sott'oggetto L622)
 - i corsi dei fiumi e canali artificiali comprensivi sia degli argini che delle sponde se rappresentabili alla scala (codice ABH140 escluso sott'oggetto L605);
- b. i particolari topografici relativi alla viabilità in presenza di scarpate con dislivelli superiori a 6 m (codice LAP030):
 - devono essere restituiti in 3D i particolari topografici relativi alla viabilità principale (A1-A2-A3) con le eventuali scarpate (piede e cima) in entrambi i lati. Vanno quindi acquisite sia in trincea che in rilevato con analoga procedura per le strade a mezza costa;

- c. i punti quotati restituiti che saranno riportati sull'elemento cartografico da produrre (codice PK002A);
- i punti quotati sono restituiti sempre sul terreno, se diversamente devono essere codificati in modo tale da non essere utilizzati nella generazione del TIN (punti quotati su ponti, ecc.). Tali punti devono essere restituiti singolarmente dall'operatore e non ottenuti mediante interpolazione;
- d. punti quotati di raffittimento che servono esclusivamente per generare il DTM (codice PBK1) :
- i punti quota aggiuntivi, ottenuti mediante autocorrelazione, devono essere distribuiti sul terreno con una densità media di 45 punti per ettaro ad una distanza mutua di circa 15 m. L'operazione di autocorrelazione, o restituzione tradizionale, deve esser effettuata su tutto in modello con la densità richiesta. Nel caso di autocorrelazione l'operatore eliminerà tutti i punti non collimati direttamente su terreno (sommità alberi, fabbricati, ecc.) inserendo, mediante collimazione manuale, le informazioni altimetriche mancanti. In tale operazione possono essere inseriti profili altimetrici atti a descrivere la morfologia del terreno in sostituzione dei punti quotati eliminati;
 - i punti quotati generati fotogrammetricamente in modo automatico dovranno essere scartati se hanno un basso coefficiente di correlazione. I punti eliminati devono essere successivamente integrati manualmente per ristabilire la densità prefissata (maglia di circa 15 m di passo);
 - nelle zone di vegetazione fitta con alberi ad alto fusto dovrà essere effettuata dall'operatore la collimazione manualmente stimando l'altezza degli alberi ed apportando le dovute correzioni alle eventuali quote ottenute per autocorrelazione.
- e. le linee di break line sul terreno (codice LCA026)
- gli eventuali terrazzamenti di dimensioni notevoli devono essere rilevati delimitandone i bordi. In particolare le cave e le miniere a cielo aperto devono essere delimitate nella loro interezza;
 - tutte le scarpate restituite
 - muri di sostegno (piede e sommità)
 - vengono considerati esclusivamente i dislivelli del terreno (non vengono compresi ponti, cavalcavia, edificati, ecc)
 - le zone rocciose con brusche variazioni in quota.
 - tutti i crinali e le vette
 - i calanchi
 - i fondi valle e linee di impluvio quando non sono presenti corsi d'acqua
 - tutte le linee di displuvio
- f. le linee di costa relative ai laghi o al mare
- la quota dei laghi naturali ed artificiali deve essere la medesima su tutta l'area coperta dall'acqua (codice LBA080 e ABH130);
 - Il mare è fissato per convenzione a quota zero. La linea di costa deve quindi coincidere con il DTM a quota zero (codice LBA010).
- g. profili altimetrici che aiutano a descrivere l'andamento del terreno pur non essendoci variazioni sensibili in quota:
- delimitazioni di colture dove esiste un cambiamento di pendenza;
 - particolari forme del terreno che difficilmente possono essere ricostruibili con soli punti quotati (come conoidi o selle).

1.3 Condizioni da rispettare

Prima della generazione del TIN si dovrà verificare la condizione che ogni punto di quota incognita, all'interno dell'area di cui deve essere creato il DTM, non deve distare più di 20 m da un qualsiasi dato altimetrico (punto quotato, break line, ecc.). Nel caso che la condizione non sia verificata l'operatore deve integrare mediante restituzione le informazioni mancanti.

Sarà inoltre necessario effettuare una fase di editing sui dati altimetrici per:

- controllare la rete idrografica allo scopo di garantirne una autoconsistenza (pendenza coerente con corso d'acqua)
- garantire che, nelle zone boschive, le quote siano consistenti con altri particolari quotati circostanti;
- verificare che i punti quota, i profili e break line siano tra loro consistenti;
- evitare di creare profili e/o break line che si intersecano;
- eliminare eventuali punti quota generati su particolari non riferiti a terra.

1.4 Dati da consegnare

I dati da consegnare, ai soli fini della generazione del DTM, sono:

- i dati altimetrici che sono stati utilizzati per la creazione del TIN, ovvero tutti i punti acquisiti, comprensivi di break line;
- un **DTM** in forma di grigliato regolare, con un passo pari a 10 m, ottenuto mediante interpolazione del TIN generato con i dati altimetrici acquisiti. Le coordinate dei punti del grigliato devono essere un multiplo intero del passo;
- le **curve di livello**, con le quote associate quale loro attributo, ricavate dal TIN;
- I **punti quotati** riportati sull'elemento cartografico che sono riferiti a terra.

Devono inoltre essere consegnati, in un unico file, le delimitazioni delle aree sul terreno che corrispondono a:

- invasi quali laghi, fiumi areali, paludi, ecc. (medesima quota su tutta l'area)
- zone di vegetazione fitta ad alto fusto (incremento pari ad 1/4 della quota media della vegetazione)
- centri abitati (solo quote viabilità attraversamenti, piazze, ecc.)
- zone rocciose particolarmente accidentate, nelle quali sia da prevedere una precisione in quota tale da eccedere il valore di 3σ (quote o profili con passo richiesto)

Le zone così delimitate consentono di stimare le differenti accuratèzze in altimetria presenti sul **DTM** e ne permettono una più esatta utilizzazione.

1.5 Tolleranze

a. Altimetrica

L'accuratèzza altimetrica del modello digitale del terreno, su zone scoperte e non accidentate, deve essere di 2 m (valore di 1σ). La differenza tra una quota sul terreno di un punto e la quota alle stesse coordinate ricavata dal **DTM** mediante interpolazione (sempre su terreno scoperto) non deve eccedere il valore di 3 m.

Nelle zone di fitta vegetazione la tolleranza viene incrementata del valore pari ad 1/2 dell'altezza media degli alberi.

I punti quotati, collimati manualmente oppure ottenuti mediante autocorrelazione, sempre su terreno scoperto, devono avere una tolleranza di 2 m.

Le linee di *break line* ottenute in 3D devono avere una tolleranza di 2.5 m, a meno che non siano oggetti previsti dai **Criteri di cattura degli oggetti topografici** ove sono state già fissate le tolleranze altimetriche per ogni singola *feature*.

b. Planimetrica

La tolleranza planimetrica dei particolari, ben individuabili sul terreno, che concorrono alla sola creazione del **DTM** deve essere contenuta entro il valore di 1/4 pixel (= 2.5 m).

Per la delimitazione delle aree coperte dal **DTM** con diversa morfologia vanno utilizzate le stesse *feature* previste per la restituzione (laghi, linee di costa, vegetazione, ecc.). La tolleranza in planimetria è quella prevista per la *feature* corrispondente.

Per quanto riguarda la delimitazione delle aree che non hanno una corrispondenza a particolari topografici (centri abitati) la tolleranza è fissata a 5 pixel (= 50 m).

1.6 Formati

Le coordinate devono essere piane, in metri, nella rappresentazione UTM. Le quote devono essere espresse in metri alla 2° cifra decimale.

Il **DTM** a griglia regolare deve essere in ASCII in coordinate x-y-z con la virgola come separatore o altro formato analogo eventualmente da concordare. I grigliati devono coprire l'area senza soluzione di continuità assicurando una perfetta contiguità.

Il taglio del **DTM** deve coprire l'elemento cartografico a cui si riferisce. Qualora nel **DTM** esistano alcune zone non coperte da dati esse devono essere indicate con un valore definito di "non quota" (ad esempio – 999999).

I dati vettoriali altimetrici (quali zone di delimitazione, curve di livello, break line ecc.) devono essere fornite in formato DXF in 3D suddivisi per layer.