

CONFRONTO TRA METODI DI INTERPOLAZIONE UTILIZZABILI NELLA REALIZZAZIONE DI DTM

Massimiliano BASILE GIANNINI (*), Luigi CARNEVALE (**), Claudio PARENTE (*)

(*) Dipartimento di Scienze Applicate, Sezione Geodesia, Topografia e Idrografia, Università degli Studi di Napoli
"Parthenope", Via A. De Gasperi, 5 - 80133 Napoli,
tel. 081-5476608, fax 081-5512330, e-mail, massimiliano.basile@uniparthenope.it, claudio.parente@uniparthenope.it
(**) Istituto Idrografico della Marina, Via Passo dell'Osservatorio, 4 - Genova,
tel. 010-2443300, e-mail luigi.carnevale_lc@libero.it

Riassunto

In questo lavoro vengono confrontati i risultati ottenuti nella costruzione di DTM (Digital Terrain Model) dall'applicazione di più metodi: relativamente ad un'area del territorio campano sono stati considerati dati cartografici (punti quotati e curve di livello) per la realizzazione di modelli tridimensionali. In particolare è stato utilizzato il 95% del set dei dati di partenza, lasciando il restante 5% come termine di confronto per la verifica del grado di esattezza del processo di interpolazione nella determinazione della quota. È stato impiegato allo scopo il modulo 3d Analyst del programma ArcGIS 8.3 della ESRI, procedendo alla realizzazione di un modello di tipo *TIN (Triangular Irregular Network)* ed alcuni grid mediante i metodi *Inverse Distance Weighted (IDW)*, *spline*, *kriging*. Utilizzando alcune grandezze statistiche di riferimento (valore medio, massimo, minimo, deviazione standard, somma dei valori assoluti) per gli scostamenti tra le quote ottenute e quelle effettive indicate dalla cartografia per i punti scelti come elementi di verifica, si realizza un confronto tra i risultati ottenuti dalle applicazioni eseguite. In particolare si individuano le prestazioni migliori dei metodi di interpolazione in relazione alla variabilità dell'andamento del territorio (pendenza).

Abstract

In this paper results from application of different interpolation methods for DTM (Digital Terrain Model) construction are compared: cartographic data (spot heights and contour lines) concerning an area of Campania territory have been considered for 3d models. Particularly 95 % of these data have been used for DTM generation, while remaining 5 % have been reserved to verify accuracy of interpolation process in height determination. ArcGIS 8.3 (ESRI) extension named 3d Analyst has been used, obtaining *TIN (Triangular Irregular Network)* and 3 grid respectively with *Distance Weighted (IDW)*, *spline*, *kriging*.

Using statistic values (medium, max, min, standard deviation, sum of absolute values) about differences between obtained heights and effective ones indicated in map for control points, comparison has been conducted among results from different methods application. Particularly better performances are identified in reference to morphological variability (slope).

Introduzione

Come puntualizzato da Miller e La Flamme, due ingegneri americani del Massachusetts Institute of Technology (MIT) che per primi introdussero tale terminologia, il DTM costituisce "una

rappresentazione statistica di una superficie continua del terreno attraverso un numero elevato di punti noti nelle coordinate x,y,z relative ad un sistema arbitrario di riferimento”.

La costruzione di DTM consente pertanto di ottenere una rappresentazione continua dell’andamento di un territorio a partire da dati discreti che, nel caso siano acquisiti da cartografie, sono costituiti da punti quotati e curve di livello. I metodi di interpolazione che possono essere impiegati allo scopo sono molteplici e, pur utilizzando lo stesso set di dati, i risultati variano in relazione ad essi.

Vengono di seguito evidenziate le differenze che caratterizzano 4 DTM relativi ad una stessa area geografica, ottenuti mediante differenti interpolatori: *TIN (Triangular Irregular Network)*, *IDW (Inverse Distance Weighted)*, *spline*, *kriging*. Il confronto è stato realizzato in riferimento ai valori assunti da ciascun modello in punti di controllo di quota nota, non inclusi nel processo di interpolazione.

Dataset utilizzato

Il set di dati di partenza è stato ottenuto dall’elemento 504032 della cartografia tecnica della Regione Campania (scala 1:5.000), nel datum Gauss-Boaga Roma40, in formato vettoriale (dwg). In particolare, come mostrato in figura 1, sono stati estratti punti quotati e curve di livello ricadenti in un’area dei Comuni di Monte San Giacomo, Sassano e Reggiano (Provincia di Salerno) delimitata dalle seguenti coordinate Nord Gauss-Boaga Roma40 $N_1=4469389$ m e $N_2=4466659$ m e dalle rispettive Est $E_1=2565944$ m e $E_2=2569454$ m).

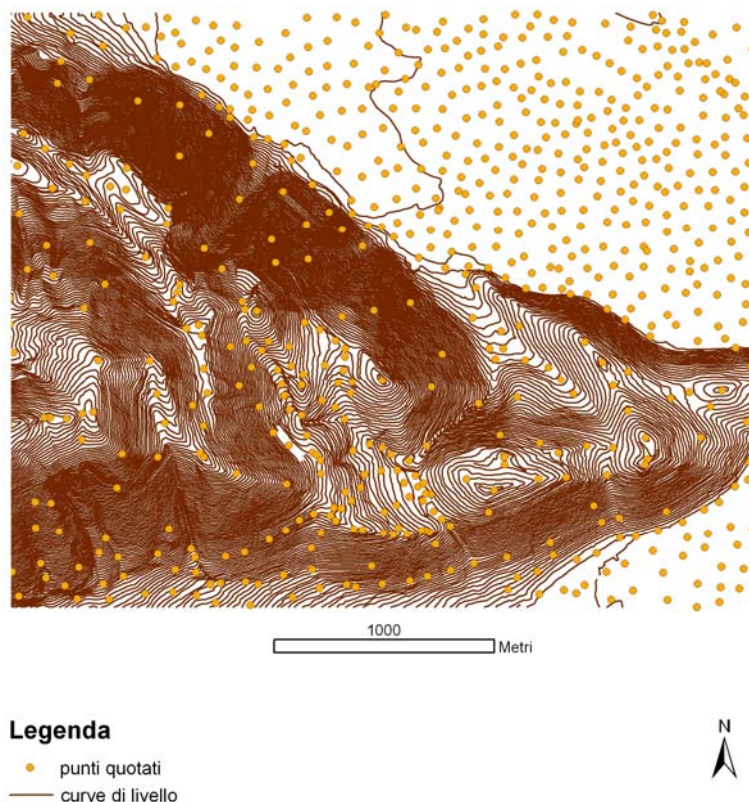


Figura 1 – Dataset considerato: isolinee e punti quotati estratti da cartografia tecnica in scala 1:5.000

Mediante il modulo 3d Analyst del programma ArcGIS 8.3 della ESRI il 95% del set di dati (95% dei punti quotati + 95% dei vertici estratti dalle isolinee) è stato utilizzato per la costruzione di DTM, lasciando il restante 5% come termine di confronto per la verifica del grado di esattezza del processo di interpolazione nella determinazione della quota.

Interpolatori

Con l'algoritmo del TIN i punti di partenza sono stati organizzati in terne così da costituire i vertici di triangoli piani, adiacenti e variamente inclinati, che hanno fornito una superficie continua nello spazio interpretativa dell'andamento del territorio.

Per l'utilizzo degli altri interpolatori è stato scelto un passo del grid pari a 5 m.

Con l>IDW il numero di punti da considerare per la stima della quota è stato fissato pari a 12 ed il power uguale a 1, con un raggio di ricerca variabile e non superiore a 400 m.

Per l'interpolatore spline è stata scelta l'opzione tension (che genera superfici meno smussate di quelle fornite dall'alternativa regularised prevista dal software); è stato fissato un numero di punti pari a 12 per l'individuazione dell'ampiezza di ciascuna regione relativa alla determinazione della superficie di interpolazione; il peso (weight) della tensione, in grado di influenzare il livello di smussamento, è stato posto pari a 0,1.

Per il kriging è stata scelta l'opzione universal, con un numero di punti pari a 12 e un raggio di ricerca variabile e non superiore a 400 m.

Nella figura 2 è riportata la vista dall'alto del modello TIN, evidenziando l'andamento altimetrico secondo 8 classi.

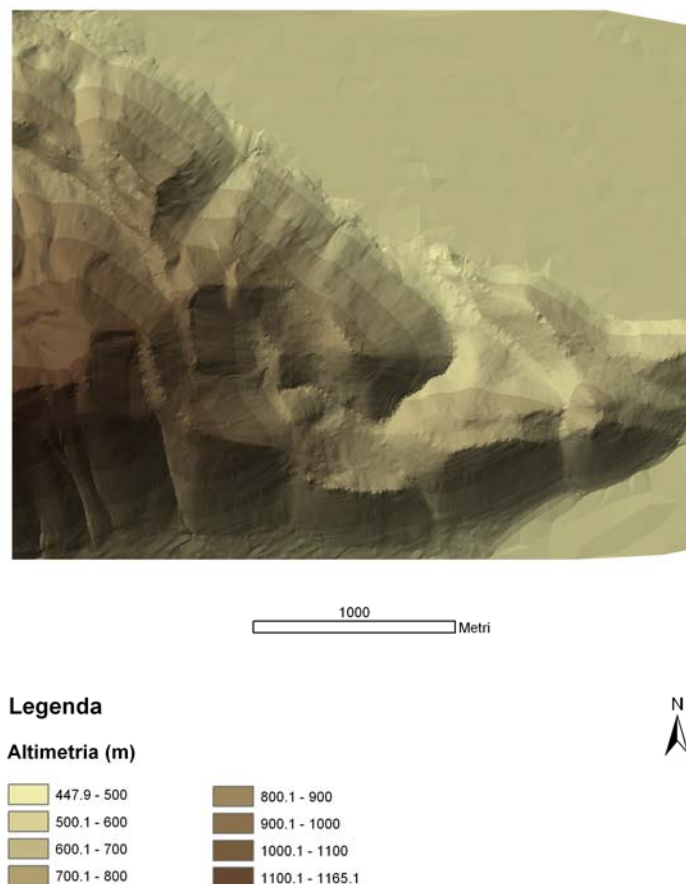


Figura 2 – Rappresentazione ottenuta con interpolatore TIN

Analisi dei modelli

Il territorio in esame è stato suddiviso in tre aree in base ai valori di pendenza: in considerazione che ciascun modello presenta differenze di quote rispetto agli altri, al fine di avere un riferimento univoco la classificazione in base all'acclività è stata effettuata a partire dal TIN. Sono state individuate le seguenti aree (figura 3):

bassa pendenza (0 – 10 %);
media pendenza (10.1 – 50 %);
forte pendenza (oltre 50 %).

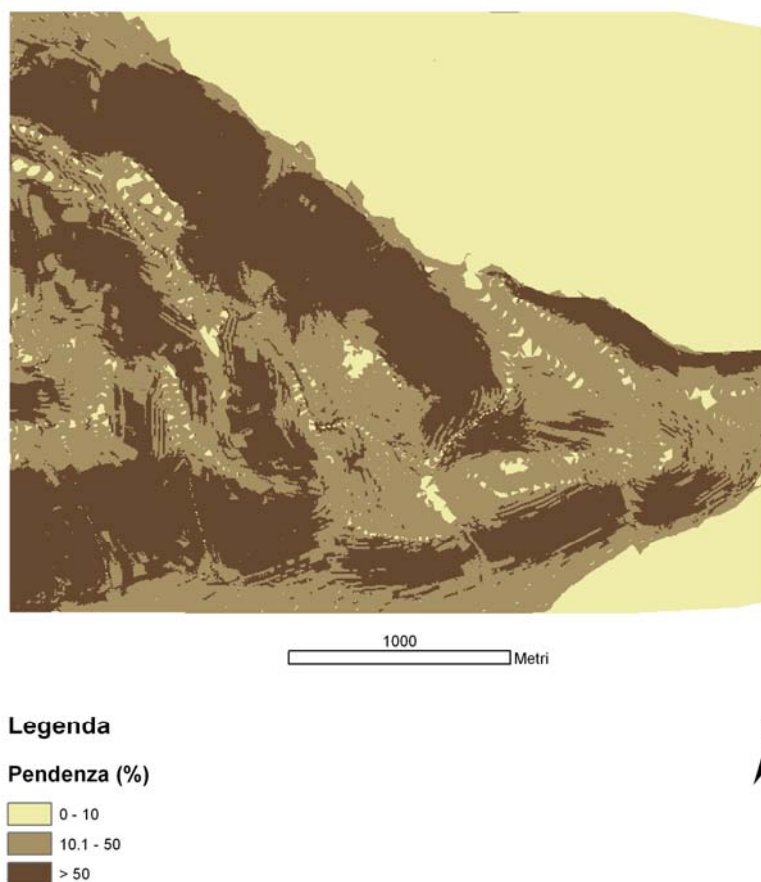


Figura 3 – Suddivisione del territorio in aree a diversa pendenza

Le quote fornite da ciascun modello nei punti di controllo (5% del dataset iniziale) sono state confrontate con quelle originarie, considerando ciascuna delle tre zone a differente classe di pendenza. I risultati sono evidenziati nelle tabelle in figura 3, dove si riportano i valori assunti da significative grandezze statistiche (minimo, massimo, medio, deviazione standard).

<i>Interpolatore</i>	<i>ΔZ max (m)</i>	<i>ΔZ min (m)</i>	<i>ΔZ medio (m)</i>	<i>Dev. St. (m)</i>	<i>$\sum \Delta Z$ (m)</i>
<i>TIN</i>	2.48	-1.37	0.02	0.32	17.47
<i>IDW</i>	1.96	-3.07	-0.07	-0.07	67.80
<i>Spline</i>	4.44	-3.68	0.07	0.01	63.41
<i>Kriging</i>	2.50	-1.98	0.01	0.01	38.66

a) Area a bassa pendenza

<i>Interpolatore</i>	<i>ΔZ max (m)</i>	<i>ΔZ min (m)</i>	<i>ΔZ medio (m)</i>	<i>Dev. St. (m)</i>	<i>$\sum \Delta Z$ (m)</i>
<i>TIN</i>	2.07	-2.62	-0.28	0.88	1362.56
<i>IDW</i>	4.25	-4.91	-0.26	1.19	1606.64
<i>Spline</i>	2.21	-2.50	-0.29	0.88	1370.34
<i>Kriging</i>	2.25	-2.78	-0.29	0.90	1378.29

b) Area a media pendenza

<i>Interpolatore</i>	<i>ΔZ max (m)</i>	<i>ΔZ min (m)</i>	<i>ΔZ medio (m)</i>	<i>Dev. St. (m)</i>	<i>$\sum \Delta Z$ (m)</i>
<i>TIN</i>	4.90	-5.58	-0.99	1.52	4613.84
<i>IDW</i>	5.00	-5.93	-1.11	1.90	5440.56
<i>Spline</i>	4.96	-6.03	-1.00	1.52	4629.00
<i>Kriging</i>	4.93	-5.12	-0.97	1.49	4512.11

c) Area ad alta pendenza

<i>Interpolatore</i>	<i>ΔZ max (m)</i>	<i>ΔZ min (m)</i>	<i>ΔZ medio (m)</i>	<i>Dev. St. (m)</i>	<i>$\sum \Delta Z$ (m)</i>
<i>TIN</i>	4.90	-5.58	-0.70	1.35	5995.91
<i>IDW</i>	5.00	-5.93	-0.76	1.70	7118.58
<i>Spline</i>	4.96	-6.03	-0.71	1.35	6064.80
<i>Kriging</i>	4.93	-5.12	-0.69	1.32	5929.86

d) Intero territorio

Figura 4 – Valori assunti da significative grandezze statistiche (minimo, massimo, medio, deviazione standard, somma dei valori assoluti) relative alle differenze tra quota interpolata e quota effettiva nei punti di controllo nelle tre aree di riferimento (a-bassa, b - media, c - forte pendenza) e in tutto il territorio considerato (d)

Conclusioni

Da un'analisi comparativa dei risultati, è evidente non solo una considerevole variabilità dei valori delle quote interpolate in relazione all'algoritmo adottato, ma anche una differente capacità di approssimazione della realtà. Considerando il territorio nella sua interezza, per la scena considerata i valori statistici indicano una migliore prestazione del kriging. Se si tiene conto del differente grado di

acclività, la situazione è più articolata: nelle zone a bassa pendenza il TIN fornisce il modello che meglio approssima la situazione reale, IDW e spline quelli peggiori; nelle zone a media pendenza prevale ancora il TIN; nelle zone a forte pendenza le prestazioni migliori sono del kriging, quelle peggiori dell'IDW.

Va comunque tenuto conto del fatto che i modelli ottenuti sono solo un limitato numero di esempi rispetto a quanti realizzabili: pur utilizzando gli stessi interpolatori qui considerati, le quote ricavate cambierebbero al variare di parametri, quali, ad esempio, il numero dei punti all'intorno o il valore massimo del raggio di ricerca.

Bibliografia

- Brovelli M. A., Reguzzoni M., Venuti G., Zamboni G. (2004), "Spline multirisoluzione e spline con regolarizzazione di Tychonov per la produzione di DTM", VIII Conferenza ASITA, Roma, 14-17 Dicembre 2004, *Atti della Conferenza*, Vol. I: 519-524
- Brovelli M. A., Reguzzoni M., Sansò F., Venuti G. (2001), "Modelli matematici del terreno per mezzo di interpolatori a spline", *Bollettino SIFET*, supplemento speciale al n. 2/2001: 55-79
- Cosso T., Federici B., Sguerso D. (2004), "Il rilevamento di DTM per analisi morfodinamiche", VIII Conferenza ASITA, Roma 14-17 Dicembre 2004, *Atti della Conferenza*, Vol. I: 879-884
- Cressie N. A. C. (1990), "The origins of kriging", *Mathematical Geology*, 22: 239 - 252
- ESRI (2002), *ArcGIS 8.3 – Help*, Redlands (CA), USA
- Fabris M., Achilli Vladimiro, Salemi G. (2004), "Efficienza computazionale di algoritmi di interpolazione per l'analisi di modelli digitali del terreno", VIII Conferenza ASITA, Roma 14-17 Dicembre 2004, *Atti della Conferenza*, Vol. II: 1029-1034
- Mallen L., Bonansea E., Forlati F. (2003), "Realizzazione di una base di dati altimetrica regionale e suoi utilizzi in applicazioni geologico – ambientali ", VII Conferenza ASITA, Verona 28-31 Ottobre 2003, *Atti della Conferenza*, Vol. II: 1385-1390
- Mitasova H, Mitas L. (2003), "Interpolation by regularized spline with tension, Part 1, Theory and implementation", *Mathematical Geology*, 25: 641-655