

## DTM della Regione Marche (Anno 2008)

### Generalità

Il DTM della Regione Marche è stato derivato dalla CTR attenendosi alle Specifiche Tecniche prodotte dal Centro Interregionale e alle linee guida per la produzione di Ortofoto Digitali alla scala nominale 1:10.000 adottate da AGEA con la supervisione dell'IGMI.

### Requisiti di precisione di un DTM per la produzione di ortofoto

La precisione di un DTM dipende da due fattori principali: la fonte dei dati ed il suo campo di applicazione.

I dati originari derivano dalla CTR 1:10000 realizzata su volo del 1999/2000 con camera WA, con accuratezza per le curve di livello ed i punti quotati rispondenti a quelli indicati nelle raccomandazioni della Commissione Geodetica Italiana, pubblicate in due documenti nel 1973 e nel 1976 (vedi note bibliografiche). Le tolleranze  $t$ , riferite ad una probabilità d'errore del 95%, ovvero a 2 volte lo  $\text{sqm}$ , sono per la scala della carta 1:10.000:

- $t(\text{cl}) = 3.5 \text{ m}$ ,  $t(\text{punti quotati}) = 1.8 \text{ m}$ ,  $\Delta(\text{cl}) = 10 \text{ m}$  (cl) = curve di livello  $\Delta(\text{cl}) = \text{equidistanza}$ .  
Questi valori si riferiscono a terreno aperto, mentre per zone con densa vegetazione si ammette una tolleranza (sempre al 95% di probabilità) pari a metà dell'altezza degli alberi e per i punti appartenenti alle curve di livello uno  $\text{sqm}(\text{cl})$  pari a  $\pm 2.0 \text{ m}$ . A questi occorre aggiungere l'errore di interpolazione che in condizioni ideali non dovrebbe superare il 50 % di  $\text{sqm}(\text{cl})$ .

Tab. 7 - Precisione richiesta al DTM per la produzione di ortofoto

Precisione in quota (terreno aperto)	Produzione di ortofoto (scala)		Rispetto della precisione in quota delle curve di livello della CTR	Applicazioni principali
	WA, f=153	NA, f=300		
“Level 0” $\pm 10.0 \text{ m}$				Ortofoto 1:10.000, 1:5.000 da scene satellitari
“Level 1” $\pm 5.0 \text{ m}$	1:25.000	1:10.000*		Ortofoto 1:10.000*
“Level 2” $\pm 2.0 \text{ m}$	1:10.000	1:5.000*		Ortofoto 1:5.000*, 1:10.000
“Level 3” $\pm 1.0 \text{ m}$	1:5.000	1:2.000*	1:10.000	Ortofoto 1:2.000*, 1:5.000
“Level 4” $\pm 0.30 \text{ m}$	1:1000*	1:500*	1:2.000	Ortofoto 1:1.000*, 1:5.00*
“Level 5” $\pm 0.15 \text{ m}$	1:500*		1:1000, 1:500*	

\* indica che le specifiche sono soddisfatte con riserva

Si conclude pertanto che un DTM derivato da una CTR 1:10.000 dovrebbe avere le seguenti precisioni:

- (sqm) pari a  $\sigma$  (DTM) =  $\pm 2.0 \text{ m}$  in terreno aperto;
- (sqm) pari a  $\sigma$  (DTM) =  $\pm 7.0 \text{ m}$  in vegetazione densa (1/3 dell'altezza degli alberi).

La precisione planimetrica ( $1\sigma$ ) corrispondente varia secondo la tabella sopra riportata tra  $\pm 0.1$  e  $\pm 0.2 \text{ mm}$  (con una tolleranza di  $0.4 \text{ mm}$ ).

L'accuratezza dell'ortofoto, invece, dipende oltre che da quella del DTM, anche da quella correlata con l'orientamento dei fotogrammi (focale, deformazione radiale, quota di volo e scostamento in altezza) e/o sola quota di volo per le scene satellitari. Prendendo l'esempio delle immagini IKONOS ad alta risoluzione diverse esperienze hanno mostrato che sono adatte a produrre ortofoto a colori 1:10.000 e, con una piccola perdita di qualità, anche 1:5.000. Il satellite, infatti, vola a 630 km di altezza, coprendo a terra una striscia di 11 km di larghezza. Questo significa che un errore di quota nel DTM induce un errore planimetrico di 1/100 per immagini nadirali. Di conseguenza un DTM con precisione di  $\pm 50 \text{ m}$  sarebbe sufficiente per ortofoto 1:5.000.

Tab. 8 - Precisione delle ortofoto e del DTM

Scala della carta	$\sigma$ (DTM)	$\sigma$ (orto WA)	$\sigma$ (orto NA)
-------------------	----------------	--------------------	--------------------

1:10.000	± 2.0 m	± 2.0 m	± 4.0 m
----------	---------	---------	---------

L'ADS40 si discosta dai casi sopra citati in quanto produce immagini già inquadrare nel riferimento assoluto sfruttando le conoscenze di tutti i parametri di volo e di presa della camera che permettono di determinare la traiettoria con la precisione del GPS. Inoltre le immagini nadirali contengono deformazioni in altezza solo nella fascia centrale e quindi è sufficiente un buon ricoprimento longitudinale per mosaicare le zone riprese più correttamente. L'interpolazione con il DTM sicuramente deteriora la precisione in altezza raggiunta nei livelli L0 ed L1 che non potrà essere inferiore a quella del DTM stesso.

Essendo le tolleranze richieste per le ortofoto pari a  $\pm 3.0$  m per applicazioni topo-cartografiche e a  $\pm 4.0$  m per applicazioni ambientali si è scelto di produrre un DTM di livello 2.

### **Scheda tecnica del DTM "Livello 2"**

*Precisione in quota:*  $\pm 2.0$  m,

*Passo di griglia:* 20 m,

*Errore sistematico:* < 1m,

*Precisione planimetrica di punti quotati ed elementi lineari:*  $\pm 1.0$  m (in aree con copertura arborea superiore al 70% è ammessa una precisione in quota pari ad  $\frac{1}{4}$  dell'altezza degli alberi),

*Break points o punti quotati:* oggetti che causano irregolarità del terreno maggiori di 2 m entro una maglia del grigliato,

*Sorgente dei dati:* CTR alla scala 1:10.000 o superiore, fotogrammetria, scanner laser;

*Break lines:* dighe, viadotti, , linee di costa di laghi, fiumi, mari ed impluvi; le breaklines devono seguire il terreno con la precisione sopra specificata;

*Delimitazione delle aree non rappresentabili ("zone morte"):* specchi d'acqua, zone di minor precisione per densa vegetazione. Le linee di delimitazione devono indicare la quota del terreno, altrimenti devono avere quota convenzionale; gli specchi d'acqua devono seguire il terreno;

*Applicazioni principali:* Ortofoto alla scala 1:10.000 (e 1:5.000 solo se riprese con campo normale (f=300mm)); studi ambientali; delimitazione dei bacini idrografici;

*Aree di applicazione:* Aree lontane da centri urbani caratterizzate da colture estensive, in mancanza di DTM di maggior precisione.

### **Elaborazione e predisposizione dei dati**

Il DTM della Regione Marche, come detto in precedenza è stato derivato dai file *.dxf* (3D) e *.tab* della CTR 1:10.000. La parte preponderante del lavoro è consistita nello scegliere i dati da elaborare, nel testare la loro accuratezza (i file cartografici, difatti, non hanno valori attendibili della z) e nel trasformare, filtrare ed organizzare tutte le informazioni per il loro processamento nel software scelto per il calcolo del DTM. La tabella seguente mostra l'elenco delle entità scelte e tutti i test previsti per la loro validazione.

Tab. 9 – Entità e stima della loro accuratezza per la costruzione del DTM

Entità CTR	Codice	Tipo entità	Test
Curva di livello ordinaria direttrice di determinazione certa	010101	Polilinea	
Curva di livello ordinaria intermedia di determinazione certa	010102	Polilinea	
Curva di livello ausiliaria di determinazione certa	010103	Polilinea	1
Curva di livello ordinaria direttrice di determinazione incerta	010104	Polilinea	
Curva di livello ordinaria intermedia di determinazione incerta	010105	Polilinea	
Scarpata naturale rappresentabile (testo)	010301	Polilinea	1
Scarpata naturale rappresentabile (piede)	010302	Polilinea	1
Scarpata naturale rappresentabile	010310	Polilinea	1
Scarpata naturale non rappresentabile	010320	Polilinea	1
Calanco (testo)	010401	Polilinea	1
Calanco (piede)	010402	Polilinea	1
Calanco	010410	Polilinea	1
Terrapieno, Argine, Scarpata senza rivestimento	011101	Polilinea	1
Trincea, Scarpata senza rivestimento	011201	Polilinea	1
Scarpata con superficie rivestita	011301	Polilinea	1
Terrapieno sorretto da muro	011401	Polilinea	1
Cava di sabbia o di argilla	011601	Polilinea	1
Cava di pietra	011602	Polilinea	1
Fiume o torrente con larghezza del letto rappresentabile	020101	Polilinea	1
Torrente, rio con larghezza del letto non rappresentabile	020102	Polilinea	1
Canale irriguo, fosso di scolo	020105	Polilinea	1
Isole permanenti	020601	Polilinea	1
Isole variabili	020701	Polilinea	1
Lago a rive costanti	021101	Polilinea	
Lago a rive variabili	021102	Polilinea	
Palude o stagno permanente	021201	Polilinea	
Canale con larghezza del letto rappresentabile	022101	Polilinea	1
Canale con larghezza del letto non rappresentabile	022102	Polilinea	1
Canale sopraelevato	022104	Polilinea	1
Chiusa con o senza passerella	023301	Polilinea	1
Diga percorribile	023501	Polilinea	
Diga non percorribile	023502	Polilinea	
Pescaia	023601	Polilinea	1
Briglia	023701	Polilinea	1
Laguna o valle	024301	Poligono	1
Autostrada, tangenziale, superstrada	053101	Arco	1
Autostrada, tangenziale, superstrada in costruzione	053102	Arco	1
Strada statale	053103	Arco	1
Strada provinciale	053104	Arco	1
Strada comunale	053105	Arco	1
Strada asfaltata in costruzione	053106	Arco	1
Punto quotato di origine topografica e/o di origine fotogrammetrica	080601	Punto	

I dati sono stati raggruppati in base alle forme che definiscono sul terreno ed al loro formato originario in sei classi.

Tab. 10 – Classificazione dei dati

Classe dati	Formato	Qualità del dato	Breaklines
Curve di livello con $\Delta=10$ metri	Mapinfo	valori in quota e topologia corretti	

Curve ausiliarie	Mapinfo	valori in quota da verificare	
Orografia	dxf 3D	valori in quota da verificare	1
Idrografia	dxf 3D	valori in quota da verificare	1
Punti quotati	Mapinfo	distinti a secondo l'appartenenza a terreno, manufatto, acqua, strada e vertice	
Ponti	.rmg	punti del grafo stradale estratti per overlay con i ponti	1

Il flusso di lavoro è stato determinato contemporaneamente alla scelta dei software per tutte le elaborazioni. Per il calcolo del DTM è stato scelto *Surfer 8.0*, che richiede come input un XYZ data file di punti in formato ASCII (.txt ) costruito come segue:

```
285742 4831426.06 364519.72 15
285743 4831423.58 364523.75 15
285744 4831422.65 364527.81 15
285745 4831421.84 364532.58 15
285746 4831421.38 364537.13 15
285747 4831421.19 364540.48 15
```

dove sono riportati rispettivamente contatore ID, coordinata Nord, coordinata Est e Quota. L'algoritmo di calcolo a disposizione che applica il metodo di Delaunay è la *Triangulation with Linear Interpolation*: dal seminato dei punti vengono creati dei triangoli in modo che il cerchio ad essi circoscritto non ne contenga altri e si definiscono così piani su cui è possibile determinare la posizione spaziale di qualsiasi suo punto essendo nota quella dei vertici. La *T. L. I.* viene definita "interpolatore esatto" in quanto assegna ad un nodo della griglia di interpolazione il valore della z del punto di partenza nel caso in cui ci sia perfetta coincidenza. Diversamente il valore z viene pesato in modo ponderato fra i valori dei punti più prossimi al nodo della griglia. L'unico limite di questa procedura è rappresentato dall'impossibilità di impiegare le *breaklines*, per cui tutti dati che definiscono le linee caratteristiche del terreno (Orografia, Idrografia, Ponti) sono stati trasformati in punti, testati nella loro accuratezza metrica e quindi inseriti nell'XYZ data file. L'estrapolazione delle informazioni dalla CTR è avvenuta come descritto nella tabella successiva.

Tab. 11 – Predisposizione dei dati

Dati	Formato	Elaborazione	Software
Curve di livello	Mapinfo	Campionamento in punti 5 metri per avere una distribuzione dei punti migliore nelle zone in cui il terreno ha un andamento più regolare, ma anche per ovviare alla disomogeneità del dato di partenza per via del fatto che la restituzione cartografica è stata eseguita da diverse ditte con differenti modalità.	<i>Poli-to-point</i> di Vertical Mapper (lo <i>Spatial Analysis</i> di Mapinfo)
Orografia, Idrografia	dxf 3D	Conversione dei file della CTR ed esclusione dei punti con $z < 0$	dxf-to-xyz
Punti quotati	Mapinfo	Esclusione dei punti con $z < 0$ e/o appartenenti ai manufatti con ulteriore distinzione fra punti su strada e su ponte tramite <i>overlay</i> con i ponti	Mapinfo
Ponti	.rmg	Estrazione dei punti del grafo stradale per overlay con i ponti	Mapinfo

## Test dei dati

La verifica della quota dei punti estrapolati dalle curve ausiliarie, dall'idrografia, dall'orografia e dai ponti è stata realizzata stimando il loro scostamento da un DTM di massima con passo di 20 metri costruito con i soli punti quotati e curve di livello ordinarie. Sono stati accettati differenze entro  $\pm 5.00$  metri considerando che il DTM poteva considerarsi di livello 1.

Tab. 12 – Risultati del test

Dati	Punti da CTR	Punti accettati
Curve di livello ausiliarie	1294344	1218385
Orografia	946035	778672
Idrografia	1807450	1306694

La tolleranza non è stata applicata agli specchi d'acqua e alle dighe che per loro natura possono scostarsi dal terreno di dislivelli superiori.

Le quote dei ponti, invece, sono state verificate puntualmente sulla CTR quando si discostavano dal DTM di valori superiori a 2.00 metri, e stimate in caso di valori negativi.

Il test descritto è stato realizzato con la funzione *point inspection* di *Vertical Mapper* ed il traduttore *GTP 2.0* per il passaggio dal formato .grd di *Surfer* al .grd di *Mapinfo*.

In totale i punti impiegati per calcolare il DTM definitivo sono stati circa 78 milioni.

Tab. 13 – Punti per il calcolo del DTM

Dati	Punti per DTM
Curve di livello ordinarie	74308527
Curve di livello ausiliarie	1218385
Orografia	778672
Idrografia	1306694
Ponti	14171
Punti quotati senza ponti	168071
Punti quotati totali	172313

### Conversione dei dati

Essendo la CTR inquadrata nel riferimento Gauss-Boaga/ Roma40 – Fuso Est e dovendo impiegare il DTM per eseguire un'orotoretifica in UTM-WGS84, Fuso 33 con altezze ellissoidiche è stato necessario creare XYZ data file tagliati in base al reticolo 1:50.000 convenzionale in modo da poter eseguire una conversione rigorosa con *Verto 2000* dell'IGMI. Tale operazione ha richiesto in realtà tre passaggi:

1. conversione da Gauss-Boaga ad UTM-WGS84 in coordinate piane,
2. conversione da Gauss-Boaga a WGS84 in coordinate ellissoidiche,
3. join delle tabelle tramite il valore ID assegnato ad ogni punto.

### Calcolo del DTM

Il DTM è stato calcolato su XYZ data file coincidenti con i tagli dei fogli 1:50.000 ampliati di un'adeguata fascia di sovrapposizione. Tutti i punti, raggruppati e poi suddivisi con un'applicazione scritta in *Python* in 38 file, sono stati processati con *Surfer* :

1. *T. L. I.* con filtro *average* sui punti distanti meno di 2 metri;
2. ritaglio sul bordo di 100 metri;
3. mosaicatura con il *nearest neighbor-average*;
4. ritaglio sul confine regionale con la funzione *blank*.

La procedura descritta è la stessa seguita per creare il DTM di massima.

Analizzate tutte le esigenze d'ufficio e la possibilità di costruire anche un modello valido per studi ed analisi idrauliche, si deciso di calcolare 6 DTM:

1. Gauss-Boaga/ Roma40 – Fuso Est con ponti,
2. Gauss-Boaga/ Roma40 – Fuso Est senza ponti,
3. UTM-WGS84, Fuso 33 ortometrico con ponti,
4. UTM-WGS84, Fuso 33 ortometrico senza ponti,
5. UTM-WGS84, Fuso 33 ellissoidico con ponti,
6. UTM-WGS84, Fuso 33 ellissoidico senza ponti.

### Collaudo

Il collaudo è stato eseguito sul DTM n. 1 sull'intero territorio regionale valutando gli errori accidentali e l'errore sistematico in altimetria e la bontà del modello. I GCP utilizzati sono i punti geodetici della rete IGM95 e del raffittimento a 7 km realizzato dalla Regione Marche nel 2004 con l'ausilio delle monografie.

I valori delle tolleranze per il terreno aperto sono rispettivamente:

- $t=3\sigma$  con  $\sigma = \pm 2.00$  metri con  $\sigma > 3\sigma$  per l'1% dei GCP;
- $eqm \leq 1/2\sigma$  con  $eqm =$  ,  $\sigma(0) =$  deviazione standard della popolazione delle differenze sui punti di controllo ed  $n =$  numero dei GCP.

I GCP che ricadono nell'area copertura dal DTM sono 526; dal *point inspection* sono stati calcolati i seguenti valori:

$u=1.89$  metri                      media degli scostamenti;  
 $\sigma = \pm 4.88$  metri scarto quadratico medio;  
 $\sigma_{max} = +42.82$  metri      scarto massimo con  $N_p(\sigma > 6.00) = 37 > 5$

Per migliorare il risultato si è proceduto con alcuni *check* per classificare tutti i punti in base al loro posizionamento (interno di un centro abitato, di un bosco) con le diverse coperture del SIT regionale e a controllare la loro effettiva materializzazione sulla monografia, tentando dove possibile di riportare la quota sul piano del terreno.

Dall'intersects automatico con edificato, urbanizzato, ponti e vegetazione è stata ricavata una prima classificazione che, considerando il diverso ordine di precisione fra i punti geodetici e la cartografia di base, è stata completata con l'ausilio delle schede monografiche.

Sono state, infine, ridefinite le quote su terreno per 17 punti IGM95 posizionati su torri o campanili.

Tab. 14 – Classificazione dei GCP

Classi	Con SIT	Con Monografie
su terreno aperto	295	244
su edifici e/o manufatti	15	102
su ponti	34	62
su urbanizzato	158	118
su vegetazione	24	-

Verifica eseguita con i tutti i GCP:

$u=1.61$  metri                      media degli scostamenti;  
 $\sigma = \pm 4.32$  metri scarto quadratico medio;  
 $\sigma_{max} = +38.92$  metri      scarto massimo con  $N_p(\sigma > 6.00) = 32 > 5$

Verifica eseguita con i GCP su terreno aperto e su ponti:

$u=0.83$  metri                      media degli scostamenti;  
 $\sigma = \pm 1.68$  metri scarto quadratico medio;  
 $\sigma_{max} = -16,89$  metri      scarto massimo con  $N_p(\sigma > 6.00) = 9 > 3$

Da una comparazione dei GCP fuori tolleranza con il seminato di punti di partenza si evince che l'errore è imputabile all'assenza di dati, in quanto il grafo è disponibile solo fino al dettaglio delle strade provinciali, a quote riportate a terra comunque sempre all'interno di centri abitati o all'interpolazione del modello.

Tab. 15 – Analisi dei GCP fuori tolleranza

GCP	Tipo	Quota slm	Quota T	Classe	Diff.	Osservazioni
117652	VTR	196.363		T	6.173	
125707	IGM95	17.745		P	6.376	non presente nei ponti
124605	VTR	442.261		P	6.423	interpolazione modello
125610	VTR	196.351		P	6.676	non presente nei ponti
124904	IGM95	636.212	618.312	T	7.359	
108634	VTR	377.917		P	8.676	interpolazione modello
109602	VTR	111.383		P	10.477	interpolazione modello
124704	IGM95	206.540		P	13.206	non presente nei ponti
117904	IGM95	215.870	187.970	T	-16.869	

Escludendo dal calcolo i punti 125707, 125610, 124704, 124904 e 117904 la verifica dell'errore accidentale risulta:

$u=0.68$  metri                      media degli scostamenti;  
 $\sigma = \pm 1.52$  metri scarto quadratico medio;  
 $\sigma_{max}=10,477$  metri      scarto massimo con  $N_p(\sigma > 6.00) = 4 > 3$

L'errore sistematico è ampiamente al di sotto della tolleranza con  $eqm = 0.09 < 1.00$  metri.

La verifica della bontà del modello è stata sviluppata come segue:

- estrapolazione dal DTM delle curve di livello ogni 50 metri;
- costruzione, con correzione topologica, delle aree di scostamento dalle curve direttrici della CTR;
- costruzione di un buffer di 10 metri (larghezza totale della fascia pari al passo della griglia) dalle curve direttrici della CTR;
- determinazione delle porzioni di scostamenti esterni alla fascia;
- individuazione degli scostamenti dovuti all'idrografia, l'orografia ed i ponti;
- stima dell'errore come rapporto fra le superfici degli scostamenti esterni imputabili al modello ed il buffer.

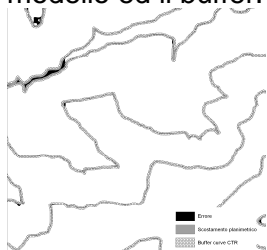


Figura 2 – Stima degli scostamenti planimetrici

I risultati, calcolati per foglio 1:50.000, sono riportati nella tabella successiva.

Tab. 16 – Valutazione della qualità del DTM (i valori degli scostamenti sono espressi in ha)

Foglio	Num Poly	Scost Totale	Scost Idrografia	Scost Ponti	Scost Orografia	Buffer Curve CTR	Errore (%)	Test
266	1900	27.57	5.81	0	0.87	2646.05	1.04	Alta
267	2377	36.91	4.78	0.01	0.30	3047.14	1.21	Alta
268	2156	95.42	25.46	3.13	7.06	2394.58	3.98	Media
269	5	0.01	0	0	0	38.4949	0.02	Alta
278	1426	16.35	2.22	0	1.12	2941.16	0.56	Alta
279	5415	98.24	14.26	3.36	3.27	8088.34	1.21	Alta
280	4546	129.32	26.68	25.16	8.04	6313.58	2.05	Media
281	2183	108.15	37.01	0	5.07	2328.72	4.64	Media
282	162	6.18	0	0.54	0.01	242.594	2.55	Media
289	95	1.15	0.03	0	0	164.78	0.70	Alta
290	2209	35.41	2.26	3.26	0.69	5946.23	0.60	Alta
291	3781	77.79	10.70	1.16	5.02	7468.43	1.04	Alta
292	3952	149.32	44.56	5.26	14.21	4306.73	3.47	Media
293	2157	61.31	36.28	6.14	4.26	3152.63	1.94	Alta
301	1929	38.36	8.22	0.02	2.96	5362.82	0.72	Alta
302	3246	70.11	8.48	0.26	3.88	6771.22	1.04	Alta
303	3371	137.57	56.20	3.27	5.04	3183.49	4.32	Media
<b>304</b>	<b>433</b>	<b>34.34</b>	<b>1.72</b>	<b>0.08</b>	<b>0.53</b>	<b>545.525</b>	<b>6.29</b>	<b>Bassa</b>
312	839	26.85	7.24	0.08	0	4064.07	0.66	Alta
313	3220	92.43	6.74	14.71	0	8046.64	1.15	Alta
314	3828	109.85	6.45	0	0	5727.38	1.92	Alta
315	1710	56.83	3.78	0.64	0	2888.17	1.97	Alta
324	311	6.17	0.71	0	0	1094.34	0.56	Alta
325	1431	20.57	1.64	0	0	9454.76	0.22	Alta
326	4564	101.48	1.78	0.20	0	9266.36	1.10	Alta
327	1818	43.19	1.56	2.22	0	2538.95	1.70	Alta
337	364	4.32	0.03	1.68	0	1287.66	0.34	Alta
338	566	11.13	3.62	0.32	0	3397.16	0.33	Alta

La qualità del modello è soddisfacente con la sola eccezione del foglio 304.

In base ai dati impiegati, al metodo di calcolo adottato ed alla stima degli errori il DTM ottenuto può essere classificato, su terreno aperto, di livello 2.

## Bibliografia

- Eva Savina Malinverni, Stefano Bellesi: “Modelli per la generazione di ortofoto digitali a media scala da sensore digitale Leica ADS40” Atti XII Conferenza Nazionale ASITA 2008, 21-24 Ottobre 2008;
- Fricker P., Saks T. (2003), *ADS40, digital airborne sensor and workflow*, Photogrammetrische Woche, Stuttgart, Germany;
- Hinsken L., Miller S., Tempelmann U., Uebbing R., Walker S. (2002), *Triangulation of LH Sys-tems’ ADS40 imagery using ORIMA GPS/IMU*, ISPRS Comm. III – Synposium, Graz, Austria;
- Centro Interregionale: Prescrizioni Tecniche per la produzione di Modelli Digitali del Terreno (Versione 16l del 29 Aprile 2001);
- *Linee Guida Ortofoto Digitali alla scala nominale 1:10.000*, a cura di IGM AGEA, 31/03/2006;
- Commissione Geodetica Italiana, Norme proposte per la formazione di carte tecniche alle scale 1:5.000 e 1:10.000. Istituto Geografico Militare, Firenze, 1973;



- Commissione Geodetica Italiana: La Formazione di Cartografie Generali a Grande Scala (1:2000, 1:1000), Guida per le scelte Tecniche ed Economiche, Editrice "La Strada", Milano, 1976;
- Brunp Testa, Barbara Alighieri: "La realizzazione di un modello digitale del terreno (DTM) per il territorio alpino lombardo" 2001;
- Alberto Carrara: "Criteri per la valutazione della qualità di modelli digitali del terreno derivati da curve di livello", Bologna, Luglio 2001;