

Ortofoto Digitali

alla scala nominale 1:10.000

PRESCRIZIONI PER L'INQUADRAMENTO GEOMETRICO E LA TRIANGOLAZIONE AEREA - SPE. 1

(In assenza di dati provenienti da sistemi inerziali)

Comitato tecnico nazionale per il coordinamento informatico dei dati territoriali-
Gruppo di lavoro Ortofoto e DEM, costituito da:

IGM	Istituto Geografico Militare
AGEA	Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura
MATT	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio
CICDIT	Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per le Informazioni Territoriali

Titolo Documento	Prescrizioni per l’inquadrimento geometrico e la triangolazione aerea - Spe. 1 (in assenza di dati provenienti da sistemi inerziali)
Autore	Gruppo di lavoro “Ortofoto e DEM”, del Comitato tecnico nazionale per il coordinamento informatico dei dati territoriali, costituito da: AGEA (Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura), IGM (Istituto Geografico Militare), CICDIT (Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per le Informazioni Territoriali) e MATT (Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio)
Data	Prima emissione Marzo 2006
Soggetto	Prescrizione tecnica di dettaglio inerente l’inquadrimento geometrico e la triangolazione eseguite per la produzione di ortofoto digitali in scala 1:10.000
Editore	AGEA/ IGM/CICDIT/MATT
Tipo	Testo
Descrizione	Il documento delinea le caratteristiche specifiche di riferimento per l’esecuzione dell’inquadrimento geometrico e la triangolazione, senza impiego dei dati ausiliari provenienti da sistemi inerziali, mirata alla produzione di ortofoto digitali in scala nominale 1:10.000
Contributi	Gruppo di Lavoro AGEA- IGM -CICDIT-MATT
Formato	MS Word (.doc)
Riferimento	Nessuno
Identificatore	ORTOFOTO DIGITALI 10K - Prescrizioni inquadrimento geometrico e triangolazione SPE1- v31032006
Lingua	Italiano
Relazioni	“Ortofoto Digitali alla scala nominale 1:10.000: standard di riferimento” - Versione 310306 del 31 Marzo 2006 – Documento del Gruppo di Lavoro “Ortofoto e DEM” (AGEA- IGM-CICDIT-MATT) del Comitato tecnico nazionale per il coordinamento informatico dei dati territoriali (ORTOFOTO DIGITALI 10K - Standard di riferimento - v31032006.doc)
Estensione temporale	Durata del progetto
Estensione spaziale	Italia

INDICE

PREFAZIONE	4
INTRODUZIONE	5
SCOPO	5
1 INQUADRAMENTO GEOMETRICO	6
2 TRIANGOLAZIONE AEREA	7
3 VALIDAZIONE	12

PREFAZIONE

Il presente documento si inserisce nell’ambito più generale delle attività del “*Comitato tecnico nazionale per il coordinamento informatico dei dati territoriali*”, istituito con Decreto del Ministro per l’Innovazione e le Tecnologie, e nello specifico si applica all’attività “*Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali*” previsto dall’art. 59 del Codice dell’Amministrazione Digitale.

Nell’ambito del progetto di “*Coordinamento dei Dati Territoriali*” è nato il gruppo di lavoro, che ha come obiettivo la definizione delle specifiche tecniche per la produzione di DTM e Ortofoto, a scala nominale 1:5.000 e 1:10.000, che costituirà, presso il CNIPA, parte della documentazione di riferimento del “*Repertorio nazionale ufficiale dei dati territoriali*” detenuti dalle pubbliche amministrazioni.

Il Gruppo di Lavoro è costituito da AGEA (Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura), IGM (Istituto Geografico Militare), CICDIT (Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per le Informazioni Territoriali) e MATT (Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio), ed è rappresentato da:

- ✓ Boccardo Piero (Consulente CICDIT);
- ✓ Colella Carlo (IGM);
- ✓ Dello Buono Dimitri (MATT);
- ✓ Diofebi Riccardo (AGEA);
- ✓ Di Rita Alessandro (IGM);
- ✓ Frezzotti Maurizio (AGEA);
- ✓ Gavaruzzi Roberto (CICDIT);
- ✓ Gebbia Antonio (IGM);
- ✓ Longhi Domenico (CICDIT);
- ✓ Martini Stefano (MATT);
- ✓ Monaldi Giulio (AGEA);
- ✓ Pacella Umberto (IGM);
- ✓ Pecci Massimo (IGM);
- ✓ Perugi Carlo (IGM);
- ✓ Sperti Maurizio (IGM);
- ✓ Surace Luciano (Consulente AGEA);
- ✓ Terranova Carlo (MATT);

La presente specifica è stata redatta da Frezzotti Maurizio (AGEA), Pacella Umberto (IGM), Perugi Carlo (IGM), Surace Luciano (AGEA) e Boccardo Piero (CICDIT).

INTRODUZIONE

La monografia in questione riferendosi alle caratteristiche generali del documento: “Ortofoto Digitali alla scala nominale 1:10.000: standard di riferimento”, ne approfondisce gli elementi relativi all’inquadramento geometrico ed alla triangolazione.

Il suddetto standard definisce l’insieme minimo di regole cui attenersi per la realizzazione del prodotto finale e dei prodotti intermedi a prescindere dagli strumenti e processi adottati. Scopo delle prescrizioni di riferimento, come la presente monografia, è quello di identificare i dettagli di ogni singolo elemento delineato nello standard.

Questo documento specifica il processo eseguito in assenza dei dati ausiliari acquisiti nella ripresa aerea con sistema inerziale. Si rinvia ad altra documentazione la prescrizione per l’impiego dei dati provenienti dal sistema inerziale.

SCOPO

Scopo del presente documento è definire le caratteristiche del processo di inquadramento geometrico e triangolazione eseguite senza l’ausilio dei dati provenienti dai sistemi inerziali IMU/GPS, al fine di produrre ortofoto digitali in scala nominale 1:10.000, secondo quanto indicato nel documento: “Ortofoto Digitali alla scala nominale 1:10.000: STANDARD DI RIFERIMENTO” - Versione 310306 del 31 Marzo 2006 – Documento del Gruppo di Lavoro “Ortofoto e DEM” (AGEA- IGM-CICDIT-MATT) del Comitato tecnico nazionale per il coordinamento informatico dei dati territoriali.

1 Inquadramento Geometrico

I vertici delle reti di inquadramento e di appoggio per la Triangolazione aerea dovranno essere costituiti dai punti delle reti nazionali e regionali di triangolazione e livellazione.

L'eventuale impiego di altri vertici ricavati con metodologie topo-fotogrammetriche dovrà essere oggetto di esplicita autorizzazione all'utilizzo da parte della direzione lavori.

Al fine di determinare i punti necessari per l'ortorettifica e georeferenziazione dei fotogrammi, è concessa la facoltà di utilizzare cartografia tecnica a grande scala (preferibilmente numerica vettoriale), che abbia caratteristiche tali da garantire il rispetto delle tolleranze planimetriche del prodotto finale. Tali punti vengono definiti Map Control Point (MCP).

1.1 REQUISITI DEI GCP/MCP (Ground Control Point/Map Control Point – MCP)

I **GCP/MCP** devono possedere le caratteristiche di identificazione e distribuzione come di seguito indicate:

A. Identificazione

- spiccata evidenza fotografica/cartografica, piccole dimensioni, forma ragionevolmente simmetrica; offrire un riferimento planimetrico nitido, preciso e di sicura collimazione;
- piano di riferimento (piano di paragone) per quanto possibile orizzontale e collimabile con precisione in sede di **TA**, in modo da fornire un sicuro riferimento altimetrico.

Qualora il **GCP/MCP** non possieda contemporaneamente detti requisiti, dovrà essere sdoppiato in due punti molto vicini che li soddisfino singolarmente. Ad esempio si potrà assumere un campanile come riferimento planimetrico e la piazza adiacente (quotata) come riferimento altimetrico.

I **particolari** che più frequentemente vengono scelti come **GCP/MCP** sono:

- bivi e incroci di strade, di mulattiere, di sentieri;
- spigoli di recinzioni, muretti;
- rocce e sassi isolati;

- colmi di tetto, linee di gronda in corrispondenza di spigoli di edificio
- spigoli, di muro;

È preferibile che i **GCP/MCP** soddisfino contemporaneamente le esigenze plano-altimetriche.

B. Distribuzione

La distribuzione e quindi il numero dei GCP/MCP dovrà essere in funzione:

- della geometria del volo;
- della strumentazione impiegata in fase di acquisizione ed elaborazione (sistemi IMU)
- delle dimensioni e forma del blocco;
- dell’orografia del terreno;
- della precisione richiesta.

La regola da seguire, per un blocco di forma regolare, è quella di garantire la distribuzione di una coppia di GCP/MCP plano-altimetrici in corrispondenza dei vertici del blocco.

Essendo i GCP determinati con strumentazione GPS, sia in planimetria che in quota, come tali devono essere utilizzati.

2 Triangolazione Aerea

La Triangolazione Aerea (TA) è l’insieme dei procedimenti strumentali e di calcolo che mediante operazioni di natura fotogrammetrica, senza far ricorso a lavori topografici sul terreno, o riducendo questi al minimo, consentono di determinare le coordinate plano altimetriche di *punti di appoggio (PA)*, necessarie all’orientamento assoluto degli stereogrammi, con pochi punti di coordinate note (**Ground Control Point – GCP o Map Control Point - MCP**) opportunamente distribuiti.

2.1 MODALITA’ DI ESECUZIONE

Una volta approvato il progetto di inquadramento geometrico del blocco di fotogrammi sul quale sono riportate le posizioni dei GCP/MCP, si passa alla fase operativa di creazione dei punti di legame TP seguendo lo stesso criterio di numerazione usato per la fase di inquadramento Geometrico.

L’operazione, eseguita con stazioni digitali fornite di modulo stereoscopico di visione 3D e con programmi di orientamento dei fotogrammi con soluzioni ai minimi quadrati, per stelle proiettive, può essere eseguita per :

A. Modalità manuale

Ogni fotogramma deve avere almeno 3 TP misurati lungo la propria direttrice mediana, normale all’asse di volo. I punti di legame TP devono essere misurati sia sulle immagini contigue appartenenti alla stessa strisciata che sulle immagini adiacenti delle strisciate che si sovrappongono lateralmente.

B. Modalità automatica

Il numero dei TP per ogni immagine è conseguenza del pattern prescelto che deve prevedere un numero di punti per immagine mai inferiore a 15, ubicati nelle zone critiche del modello stereoscopico denominate aree di Von Gruber.

I TP misurati per correlazione di immagine devono comunque essere correttamente distribuiti all’interno del modello. L’operatore ha il dovere di intervenire in modalità manuale a raffinare, integrare e correggere le correlazioni fallite (che non hanno dato risultato), o che presentano deviazioni standard fuori tolleranza. Tale metodologia deve essere utilizzata all’interno di un modulo di orientamento fotogrammi “Bundle block adjustment”.

2.2 ACCURATEZZE RICHIESTE

Sulla base delle accuratezze indicate nel documento di riferimento: “Ortofoto digitali in scala 1:10.000: STANDARD DI RIFERIMENTO” per le applicazioni tematiche e comparative sono prescritte le seguenti accuratezze:

$$\sigma E \leq 0,50 \text{ m}; \quad \sigma N \leq 0,50 \text{ m}; \quad \sigma Q \leq 0,75 \text{ m};$$

Il risultato della compensazione di un blocco dovrà essere ritenuto accettabile quando gli scarti sui punti di verifica, nel 90% dei casi, sono inferiori ai seguenti valori:

planimetria	tpf = 2,00 m
altimetria	thf = 1,80 m

Per la restante percentuale (10%) non dovranno essere mai superati i seguenti valori:

planimetria	tpf = 3,00 m
altimetria	thf = 2,70 m

Le accuratezze per le applicazioni di tipo cartografico sono:

$$\sigma E \leq 0,10 \text{ m}; \quad \sigma N \leq 0,10 \text{ m}; \quad \sigma Q \leq 0,15 \text{ m};$$

Orientamento interno: s.q.m. 50 μm ;

Orientamento relativo: parallasse Y residua di ciascuna misura < 10 μm ;

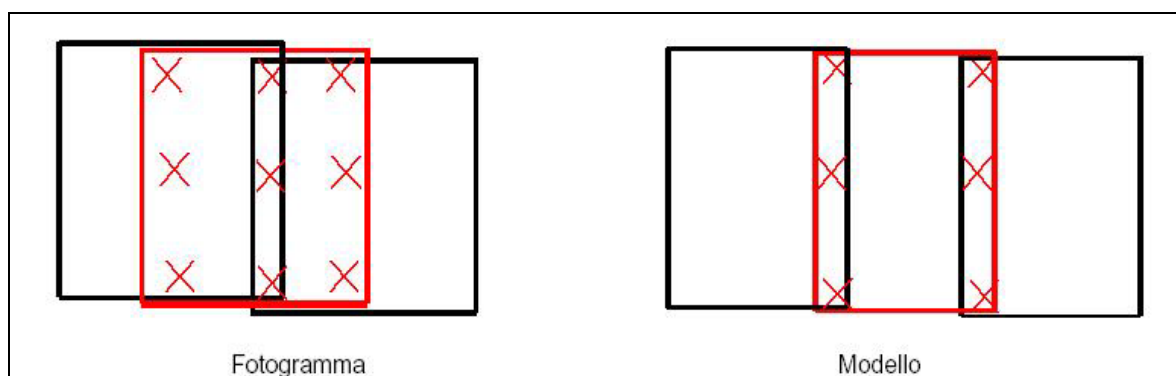
Punti di legame TP : dev standard $\pm 1,20 \text{ m}$;

GCP : planimetria s.q.m. $\pm 0,70$ m;
altimetria s.q.m. $\pm 0,80$ m.

2.3 SCHEMA DEL BLOCCO

Dovrà essere privilegiato lo schema del blocco di strisciate, di forma regolare. Si eviteranno per quanto possibile le strisciate isolate, nonché strisciate singole prolungate a sbalzo per oltre tre modelli.

Si dovranno evitare inoltre interruzioni di strisciate all'interno del blocco. In questo caso si garantirà comunque la continuità delle strisciate, e quindi dell'intero blocco.



2.4 PUNTI DI LEGAME E PUNTI DI APPOGGIO

A. Punti di legame

Ogni modello dovrà essere collegato:

- con ciascuno dei modelli adiacenti lungo la striscia, mediante almeno tre punti di legame longitudinale;
- con ciascuna delle strisciate adiacenti a quella di appartenenza, mediante almeno due punti di legame trasversale.

Di norma, queste prescrizioni sono automaticamente rispettate se si adotta la consueta procedura di osservazione dei punti di legame, consistente in quanto segue:

- si individuano su ogni fotogramma i tre punti A,N,B (alto, nadirale, basso) disposti all'incirca lungo l'asse nadirale trasverso
- si riportano i punti B della striscia superiore ricadenti entro il fotogramma in esame
- si riportano i punti A della striscia inferiore ricadenti entro il fotogramma in esame

d) si osservano, nel modello stereoscopico, i 6 punti di legame longitudinale (A,N,B di ciascuno dei due fotogrammi) e quelli di legame trasversale comuni ad entrambi i fotogrammi (e pertanto appartenenti al modello).

Di norma i punti di legame devono essere individuati in corrispondenza di particolari del terreno che siano ben visibili sui fotogrammi, che diano garanzia di stabilità e durata nel tempo e che consentano una buona collimazione stereoscopica plano- altimetrica.

Di ciascuno dei punti prescelti verrà garantita l'inequivocabile individuazione sul terreno, se possibile, ed in ogni caso sul modello stereoscopico.

Non si ammette la tecnica della puntinatura.

B. Punti di appoggio

In generale i GCP/MCP plano altimetrici dovranno essere posizionati seguendo i seguenti criteri:

- all'esterno del blocco: lungo le strisciate esterne nel senso del volo ogni 2-3 modelli;
- all'interno del blocco: nelle aree di sovrapposizione fra strisciate adiacenti, ad un interasse variabile da 4 a 5 modelli;
- ai vertici esterni del blocco: almeno due punti a breve distanza l'uno dall'altro.

2.5 PROGRAMMA DI CALCOLO

Per il calcolo e la compensazione del blocco dovranno essere impiegati programmi di calcolo basati su metodi rigorosi "a stelle proiettive", noti ed ampiamente sperimentati.

2.6 DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE A FINE CALCOLO

Il calcolo deve essere effettuato in un unico blocco e deve essere prodotto un report contenente:

- Informazioni di tipo generale (nome del lavoro, operatore, data, ecc.);

Per ogni immagine e/o modello stereoscopico:

- Dati di acquisizione (risoluzione di scansione, dimensione del pixel, scala approssimativa);
- Dati di orientamento interno (focale, X_{pp} Y_{pp} , valori di distorsione, marche fiduciali espresse in coordinate lastra e immagine con relativi scarti);
- Correzione della curvatura terrestre;
- Parametri di orientamento relativo (punti misurati con relative coordinate modello e parallasse residua)

- Parametri di orientamento esterno ($X_0, Y_0, Z_0, \varphi, \omega, \kappa$)
- Lista riassuntiva di tutti i punti osservati nel blocco, con indicato per ciascun punto il N° delle volte che è stato misurato, le 3 coordinate terreno, gli scarti e le deviazioni standard).

3 VALIDAZIONE

3.1 GENERALITÀ

La validazione deve essere effettuata attraverso il controllo delle procedure.

3.2 CONTROLLO DELLE PROCEDURE

Triangolazione aerea

La Triangolazione aerea deve rispondere alle prescrizioni di cui al CAP.2. In particolare in fase di validazione si deve verificare:

- La completezza della documentazione prodotta;
- Il rispetto delle accuratezze previste mediante l’utilizzo di CHECK-POINT;

In particolare deve essere verificata la seguente documentazione:

- i tabulati di calcolo con le iterazioni eseguite;
- il grafico delle strisciate triangolate con i punti di inquadramento impiegati;
- gli scarti in corrispondenza dei punti di concatenamento longitudinale e trasversale;
- il programma di calcolo utilizzato e i risultati ottenuti verificandone la corretta esecuzione e l’inserimento dei parametri richiesti (correzione di sfericità e rifrazione terrestre);
- la statistica generale dell’intero blocco (punti osservati, numero delle osservazioni per ciascun punto, valori quadratici medi, eventuali pesi per le diverse tipologie di punti, ecc...).
- La distribuzione degli scarti tra misura diretta e determinazione fotogrammetrica dei CHECK-POINT deve rispettare le prescrizioni di cui al punto 2.2

3.3 REQUISITI DEI CHECK-POINT

I CHECK-POINT devono possedere le medesime caratteristiche di identificazione dei GCP e devono soddisfare contemporaneamente le esigenze plano-altimetriche.

Le accuratezze da rispettare nella determinazione dei CHECK-POINT, sono le medesime prescritte per i valori di accuratezza di cui al paragrafo 2.2

Distribuzione dei CHECK-POINT

La distribuzione e quindi il numero dei CHECK-POINT deve essere in funzione:

- della geometria del volo;
- delle dimensioni e forma del blocco;
- dell'orografia del terreno;
- della precisione richiesta.

Utilizzando strumentazione GPS ogni CHECK-POINT risulterà determinato sia in planimetria che in quota e come tale sarà utilizzato.

I CHECK-POINT devono essere distribuiti uniformemente in tutto il blocco, rispettando indicativamente la densità media di 1 ogni 50 kmq.