

Ortofoto Digitali

alla scala nominale 1:10.000

PRESCRIZIONI PER LA RIPRESA AEROFOTOGRAMMETRICA - SPE. 1 (Riprese con pellicola fotografica B/N, Colore o falso colore)

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	Ortofoto Digitali alla scala nominale 1:10.000. Prescrizioni per la ripresa aerofotogrammetrica SPE.1 (Riprese con pellicola B/N, Colore o falso colore)
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	Seconda emissione Marzo 2006
Soggetto	Prescrizione tecnica di dettaglio inerente la Ripresa Aerea eseguita per la produzione di ortofoto digitali in scala 1:10.000 con camere Fotogrammetriche classiche
Editore	AGEA/ IGM/CICDIT/MATT
Tipo	Testo
Descrizione	Il documento delinea le caratteristiche specifiche di riferimento per la ripresa aerea con camera fotogrammetrica analogica, 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 per la ripresa aerofotogrammetrica SPE1- v31032006.doc
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	4
SCOPO	5
<i>1.1 LA RIPRESA AEREA</i>	<i>5</i>
<i>1.2 GLI AEROMOBILI</i>	<i>6</i>
<i>1.3 CAMERE DA PRESA</i>	<i>6</i>
<i>1.4 STRUMENTAZIONE GPS A BORDO E RELATIVE MISURE</i>	<i>7</i>
<i>1.5 MATERIALE FOTOGRAFICO</i>	<i>8</i>
<i>1.6 CARATTERISTICHE DEL VOLO</i>	<i>9</i>

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) e Surace Luciano (consulente AGEA).

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 alla ripresa aerofotogrammetrica.

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 la ripresa eseguita con macchine aerofotogrammetriche classiche. Si rinvia ad altra documentazione la prescrizione per l'impiego di camere/scanner digitali.

SCOPO

Scopo del presente documento è definire le caratteristiche della ripresa aerofotogrammetria, con camera analogica, eseguita 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 31032006 del 31Marzo 2006 – Documento del Gruppo di Lavoro "Ortofoto e DEM" (AGEA- IGM-CICDIT-MATT) del Comitato tecnico nazionale per il coordinamento informatico dei dati territoriali.

1.1 LA RIPRESA AEREA

Le riprese aeree devono essere eseguite con macchina fotogrammetrica tradizionale che utilizzi pellicola con emulsione agli alogenuri d'argento nel rispetto di tutti i requisiti richiesti dalla tecnica più aggiornata per l'esecuzione dei rilevamenti aerofotogrammetrici in bianco e nero e a colori.

Il servizio deve essere eseguito nel rispetto della normativa vigente.

Le riprese aeree fotogrammetriche devono essere eseguite sulla base dei piani di volo predisposti con l'eccezione del rispetto delle variazioni di livello imposti dagli Enti di assistenza al volo, civili e militari.

Si dovrà concordare con l'ENAV (Ente Nazionale d'Assistenza al Volo) e con il COFA (Comando Operativo Forze Armate), i piani di volo per ottenere tutte le necessarie autorizzazioni al sorvolo. Per le zone operative militari e le aree soggette a particolari norme restrittive della navigazione aerea, si dovrà ottenere il tempestivo rilascio delle particolari autorizzazioni.

1.2 GLI AEROMOBILI

Gli aeromobili devono essere in grado di operare a quote operative superiori a 6000 metri, idonee a garantire l'esecuzione di riprese aree alla scala media 1:40.000 del fotogramma.

Gli aeromobili utilizzati a tale scopo devono essere regolarmente abilitati alla specifica attività ed essere in possesso delle Autorizzazioni all'effettuazione di sorvolo delle zone oggetto dell'appalto, rilasciate dall'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile – Servizio Licenze – ai sensi degli ART. 788 e 793 del Codice di Navigazione, così come modificato dagli PAR. 3 e 4 del D.P.R. 29 settembre 2000, n. 367

1.3 CAMERE DA PRESA

Le riprese devono essere eseguite con camere da presa grandangolari, con obiettivo di lunghezza focale di 150 mm circa e formato utile dell'immagine pari a 230 mm x 230 mm.

I certificati di taratura - mai anteriori a tre anni rispetto alla data di esecuzione delle riprese - devono presentare valori di distorsione radiale media degli obiettivi sempre inferiori a $\pm 10 \mu\text{m}$.

La distanza principale, le coordinate del punto principale rispetto al riferimento definito dalle marche fiduciali e le distanze fra queste ultime devono risultare determinate con e.q.m. non superiore a 10 μm .

Tutti gli obiettivi impiegati devono avere un potere separatore medio, definito dal parametro AWAR, non inferiore a 100 coppie di linee per millimetro.

E' prescritto l'uso di camera da presa con un magazzino porta pellicola dotato di correttore di trascinamento (FMC- Forward image motion compensation) regolabile, per annullare il trascinamento alla quota media del terreno fotografato.

Su ogni fotogramma devono essere ben identificabili e perfettamente collimabili le quattro marche fiduciali, disposte tra di loro diametralmente, agli angoli del fotogramma o in alternativa le quattro marche fiduciali, sempre disposte tra di loro diametralmente, in corrispondenza dei punti medi dei lati.

A margine di ciascun fotogramma devono risultare chiaramente leggibili le seguenti informazioni e indicazioni:

- numero progressivo del fotogramma (i numeri non devono ripetersi nello stesso rullo);
- matricola della camera da presa e distanza principale;
- altimetro indicante la quota assoluta di volo;
- orologio indicante l'ora solare della presa;
- zona di lavoro e data della presa (giorno, mese, anno).

In considerazione dell'impiego di strumentazione GPS nel corso del volo di ripresa, la camera deve essere dotata di interfaccia verso il ricevitore GPS.

1.4 STRUMENTAZIONE GPS A BORDO E RELATIVE MISURE

Durante la ripresa è prescritto l'uso di un ricevitore GPS, a doppia frequenza, dotato di input fotogrammetrico capace di memorizzare, tramite opportuna interfaccia, un impulso emesso dalla camera all'istante di scatto; quest'ultimo va determinato con incertezza non superiore al millesimo di secondo.

L'acquisizione dei dati GPS deve essere eseguita con una frequenza di misura superiore o uguale a 1 Hertz, con ricezione continua di almeno 5 satelliti e GDOP ≤ 5 .

Il rilievo dovrà essere corredato da una relazione che illustri le modalità di misura impiegate per la determinazione, con camera in assetto normale (ω , ϕ e κ nulli), del vettore congiungente il centro di presa e il centro di fase dell'antenna GPS, le componenti del vettore nel sistema immagine e i relativi sqm.

Le componenti planimetriche relative alla posizione del centro di fase dell'antenna rispetto al centro di presa della camera fotogrammetrica devono essere $\leq 0,50$ m.

Per la validità del volo di ripresa di ciascun blocco occorre che, per almeno il 90% dei fotogrammi, sia possibile ricostruire la posizione del centro di fase dell'antenna all'istante di scatto dal trattamento GPS delle misure di fase. In nessun caso è ammissibile che per una strisciata di bordo di un blocco risultino indeterminati più di cinque fotogrammi consecutivi e più del 30% delle posizioni.

Qualora le condizioni di cui sopra non siano rispettate, il volo dovrà essere ripetuto per le strisciate con le lacune più numerose, fino a rientrare nei limiti di cui sopra, ovvero si dovranno effettuare le operazioni di appoggio a terra necessarie per l'integrazione dei dati mancanti (determinazione dei centri di presa per space resection o T.A.).

1.4.1 Sistemi inerziali

Nell'eventualità di uso di sistemi inerziali (IMU) per la determinazione dei parametri angolari di orientamento esterno di ciascun fotogramma, essi devono essere caratterizzati da e.q.m. non superiore a 0.005 gradi sessadecimali per ω e ϕ e non superiore a 0.008 gradi sessadecimali per κ .

Dal trattamento dei dati rilevati dai sensori inerziali deve essere possibile la determinazione dei parametri angolari di orientamento esterno nel rispetto delle stesse percentuali definite per le coordinate dei centri di presa; in caso contrario si procederà analogamente a quanto ivi disposto.

Il complesso delle attrezzature fotogrammetriche, camera da presa e sistema GPS/INS, deve essere sottoposto a calibrazione prima e dopo la esecuzione dei voli.

I dati di posizione e assetto determinati dall'uso di sistemi GPS/IMU devono essere correlati da una relazione che illustri le modalità di misura impiegate per la determinazione, con camera in assetto normale (ω , ϕ e κ nulli), dei vettori congiungenti il centro di presa, il centro di fase dell'antenna GPS e l'origine del sistema inerziale, le componenti dei vettori nel sistema immagine e i relativi s.q.m.

I parametri di orientamento esterno saranno sottoposti a verifica di consistenza interna mediante il confronto tra le coordinate di punti nelle zone di sovrapposizione tra modelli consecutivi e tra modelli appartenenti a strisciate contigue, determinati in ciascun modello formato indipendentemente con i parametri dei fotogrammi che lo compongono.

1. 4.2 Stazioni a terra

Nell'eventualità di uso di sistemi inerziali (GPS/IMU) per la determinazione dei parametri angolari di orientamento esterno di ciascun fotogramma, durante le riprese devono essere attivati sul terreno almeno tre ricevitori con le medesime caratteristiche di quello a bordo. Le distanze tra i ricevitori fissi devono essere superiori a 10 km, mentre quelle tra il vettore aereo ed il ricevitore fisso più vicino non devono superare i 50 km. I tre ricevitori devono essere in stazione su vertici IGM95 o su vertici determinati mediante la misura di almeno due linee di base che li colleghino ai più vicini vertici della rete IGM95; ciascuno deve tracciare almeno 5 satelliti tra quelli ricevuti sull'aereo.

Poiché le stazioni di riferimento a terra consentono di determinare tre soluzioni indipendenti per ciascun centro di presa, è possibile, giustificando le scelte fatte, definire la posizione impiegando una combinazione lineare delle tre posizioni.

1.5 MATERIALE FOTOGRAFICO

La pellicola utilizzata deve essere del tipo ad alta risoluzione con nitidezza dell'immagine, al massimo contrasto. Per le riprese a colori e quelle nell'infrarosso vicino, dovrà essere del tipo invertibile a colori.

Detto materiale deve essere fra i migliori in commercio al momento della ripresa, sia per quanto riguarda le proprietà fotografiche dell'emulsione che per le caratteristiche meccaniche del supporto.

Le qualità di sensibilità e finezza della grana devono essere ottimali per le riprese aerofotogrammetriche.

L'immagine risultante dalla ripresa deve essere ben definita sia nelle luci che nelle ombre.

Il materiale fotografico utilizzato per l'esecuzione dei lavori non deve essere scaduto al momento delle riprese aeree e deve essere stato conservato nelle prescritte condizioni ambientali.

I talloncini identificativi del materiale impiegato devono essere conservati.

Tutte le operazioni di sviluppo e asciugatura devono essere eseguite secondo le prescrizioni tecniche indicate dalla casa costruttrice e dalle più recenti ricerche scientifiche al fine di non alterare le caratteristiche di stabilità della pellicola.

1.6 CARATTERISTICHE DEL VOLO

- Le riprese devono essere eseguite con camere da presa descritte al punto 1.2.
- Le strisciate devono essere realizzate con assi rettilinei e paralleli, i più lunghi possibili e con direzione est-ovest, a meno che le condizioni morfologiche del terreno o altri fattori locali non consiglino direzioni di volo diverse.
- In aggiunta alla copertura di base è importante che vengano realizzate strisciate aventi l'asse parallelo all'andamento medio della linea di costa in concomitanza di un'inclinazione di quest'ultima, rispetto alla normale alla direzione di volo, compresa tra i 30 e i 60 gradi sessagesimali; dette strisciate vanno effettuate in modo che almeno l'80% di ciascun fotogramma abbracci la parte di terra;
- La quota di volo relativa deve essere tale da assicurare che la scala media dei fotogrammi sia di 1:40.000 per una quota media relativa di circa 6.000 metri; lo scostamento dal valore medio, dovuto alla morfologia del terreno, alla compatibilità con le esigenze di continuità delle strisciate ed alle eventuali restrizioni imposte dalle Autorità preposte alla regolamentazione del traffico aereo, sarà contenuto entro i limiti di $\pm 10\%$ (scala max. 1:36.000; scala min. 1:44.000);
- All'inizio e alla fine di ogni strisciata, oltre i limiti del blocco interessato dal volo, devono essere effettuati tre scatti ulteriori; inoltre le strisciate superiore ed inferiore del blocco devono smarginare dal limite dell'area da rilevare per almeno 1/3 del loro abbracciamento trasversale.
- Per ottenere un adeguato irrigidimento dei blocchi, è importante che vengano prescritte due strisciate integrative trasversali alla direzione di volo in corrispondenza dei bordi est ed ovest di ciascun blocco, eseguite con le stesse caratteristiche delle strisciate longitudinali. Nel caso in cui sia presente la linea di costa essa rappresenterà uno dei due bordi.
- Le variazioni degli elementi di orientamento angolare fra fotogrammi consecutivi, nonché i valori assoluti degli angoli di orientamento φ , ω e k dei singoli fotogrammi non devono superare i 5 gradi centesimali;
- In ogni strisciata lo scostamento massimo del punto principale dall'asse della strisciata medesima, come indicato sul piano di volo, non deve superare il 10% del lato del fotogramma in zone pianeggianti o collinose e il 5% in zone di montagna;
- Il ricoprimento longitudinale (*overlap*) dei fotogrammi sull'asse della strisciata deve essere, in zone pianeggianti e collinose, non inferiore al 60% della superficie del fotogramma, con oscillazioni comprese entro il $\pm 5\%$, incrementato fino al $70\% \pm 5\%$ in aree a morfologia accidentata quali le zone di montagna o aree con forti variazioni trasversali di pendenza;
- Il ricoprimento laterale (*sidelap*) delle strisciate adiacenti deve essere compreso tra il 15% ed il 30%, con oscillazioni comprese in $\pm 10\%$, nelle zone pianeggianti e collinose e tra il 20% ed il 40% nelle zone di montagna;

- In ogni caso non sono ammesse soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica del territorio;
- Le riprese vanno eseguite:
 - in ore a cavallo del mezzogiorno solare, in modo da ridurre al minimo le ombre;
 - in condizioni di assenza del manto nevoso (ad eccezione delle zone con neve perenne, zone di quota superiore a 2000 m o nel caso di riprese atte all'individuazione di specifiche applicazioni tematiche che richiedano un intervento tempestivo);
 - In condizioni di assenza di foschia, nubi e fumi. Nel caso di specifiche applicazioni tematiche, che verranno disciplinati dall'apposita direzione lavori e che richiedono tempi di intervento con consegne precoci e/o tempestivi con lo scopo di evidenziare particolari tematismi di interesse, al fine di rendere disponibili i fotogrammi nei tempi previsti, è tollerata la copertura di nubi o fumi su un numero di fotogrammi non superiore al 5% per l'area interessata e, all'interno di ciascun fotogramma, per una superficie non superiore al 15%.
 - In un ristretto numero di giorni consecutivi
- In ogni caso l'altezza del sole, rispetto all'orizzonte, non deve essere inferiore a 30° in pianura/collina e 35° in montagna; inoltre, i fotogrammi devono risultare nitidi, privi di graffi, di nubi, di fumi e di ombre provocate da questi. Nelle zone in ombra il contrasto deve essere tale da rendere comunque possibile l'osservazione e la corretta interpretazione degli elementi del terreno.
- Di tutto il territorio dovrà essere possibile la visione stereoscopica

1.6 DOCUMENTAZIONE E MATERIALI

A conclusione del volo fotogrammetrico, la documentazione e i materiali prodotti, necessari per la esecuzione dell'ortofoto devono essere i seguenti:

- Rulli fotogrammetrici: i quali devono essere integri, senza tagli, sia nella parte iniziale che finale, né nelle parti intermedie occupate dalle immagini fotogrammetriche. Inoltre la pellicola deve essere priva di stampigliature a caldo;
- Copia dei fotogrammi stampati in formato cartaceo;
- Certificato di taratura della macchina fotogrammetrica;
- Grafico delle strisciate: allestito per ogni elemento cartografico alla scala 1:100.000 e compilato nelle seguenti forme:
 - in forma digitale, in formato .DXF;
 - su supporto trasparente.

Sullo stesso devono essere riportate fedelmente, seguendo la morfologia del terreno, le coperture dei fotogrammi delle strisciate con evidenziati il numero e il limite dei fotogrammi alterni;

2. VALIDAZIONE

2.1 GENERALITA'

La validazione deve essere effettuata attraverso il controllo:

- del materiale utilizzato;
- della strumentazione utilizzata;
- delle procedure utilizzate.

Le verifiche devono essere effettuate attraverso l'esame dei *report* relativi al materiale, alla strumentazione e alle elaborazioni.

2.2 CONTROLLO DEL MATERIALE

Pellicola fotografica

La pellicola fotografica deve rispondere alle prescrizioni di cui al PAR. 1.4. In particolare le verifiche devono interessare:

- la documentazione attestante le caratteristiche, fornita dalla casa produttrice;
- la data di scadenza del materiale.

I controlli effettuati sui modelli scelti, mediante l'orientamento interno e relativo, su stereorestitutore analitico/digitale, devono garantire il rispetto delle specifiche per quanto riguarda le dimensioni della pellicola dopo il suo trattamento (orientamento interno); il controllo deve essere eseguito misurando sulle diapositive le distanze fra le apposite marche fiduciali. Le variazioni delle distanze fra le marche fiduciali e delle altre grandezze lineari riportate sul certificato di taratura, rispetto a quelle originali della camera, non devono risultare, in valore assoluto, maggiori di 30 µm. Inoltre, dal calcolo delle differenze tra le discrepanze delle due coppie di lati opposti e delle due diagonali deve risultare che nessuno dei tre valori ottenuti sia in valore assoluto, superiore a 30 µm;

2.3 CONTROLLO DELLA STRUMENTAZIONE

Camera da presa

La camera fotogrammetrica deve rispondere alle prescrizioni di cui al PAR. 1.2. I vari controlli devono essere effettuati attraverso il certificato di calibrazione.

2.4 CONTROLLO DELLE PROCEDURE

2.4.1 Volo fotogrammetrico

La ripresa fotogrammetrica deve rispondere alle prescrizioni di cui al PAR. 1.5. In particolare in fase di validazione devono essere verificati:

- Il certificato di calibrazione geometrica e radiometrica della camera;
- Il rispetto del Piano di Volo;
- Il rispetto della scala media prescritta per i fotogrammi;
- La completezza della copertura stereoscopica dell'area interessata;
- La rispondenza alle prescrizioni tecniche dei risultati relativi ai controlli dell'orientamento interno ed esterno del 10% delle coppie stereoscopiche.

I controlli effettuati sui modelli scelti, mediante l'orientamento interno e relativo, su stereorestitutore analitico/digitale, devono garantire il rispetto delle specifiche per quanto riguarda:

- le condizioni angolari relative di presa (orientamento relativo);
- le parallassi residue nella formazione del modello che, dopo l'orientamento relativo, non devono superare in nessun punto $\pm 10 \mu\text{m}$;

2.4.2 Misure GPS per la determinazione dei centri di presa

Le misure GPS per la determinazione dei centri di presa devono rispondere alle prescrizioni di cui al PAR. 1.3. In particolare in fase di validazione devono essere verificati:

- Le accuratezze delle coordinate dei centri di presa della camera fotogrammetrica;
- I report delle misure delle baseline effettuate in campagna e le relative schede di stazione;
- Il calcolo di compensazione.