



REGIONE SICILIANA

ASSESSORATO DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE
DIPARTIMENTO URBANISTICA
SERVIZIO CARTOGRAFICO E INFORMATIVO

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE,
ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 ,
ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI
ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI
SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE
SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE.



DIREZIONE TECNICA

Ing. Dino Bonadies
Prof. Ing. Alfonso Gomèz Molina

COORDINAMENTO

Ing. Francisco Borrego
Geom. Danilo Bellavita

PROGETTAZIONE

Ing. Pasquale Lospennato
Ing. Antonio Godino

ASSICURAZIONE QUALITÀ

Ing. Francisco J. Arjonilla

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA DEL PROGETTO E PIANIFICAZIONE DEL VOLO FOTOGRAMMETRICO E LIDAR

Pagine

1 di 68

Pratica

01/07

Identif.

O129000100

Elaborato

1

A	LUG. 2012	PRIMA EMISSIONE	GODINO	BORREGO	BELLAVITA	GOMEZ
Rev.	Data	Motivazione	Redatto	Verificato	Approvato	Autorizzato

Questo documento é di proprietà esclusiva. É proibita la riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza la nostra autorizzazione

Sede RPA:

Strada del Colle, 1A/1 – Loc. Fontana – 06074 PERUGIA – ITALIA
Tel. +39 75 518631 - Fax +39 75 5179669 – E-mail: rpapg@rpapg.it

Sede Stereocarto:

C/General Díaz Porlier, 49 – 28001 MADRID – SPAGNA
Tel. +34 91 1211800 – Fax +34 91 4021609 – E-mail: info@stereocarto.com

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 2 di 68
---	---

INDICE

1. SINTESI.....	5
1.1 OGGETTO.....	5
1.2 VOLO E RIPRESA FOTOGRAMMETRICA.....	5
1.3 MIGLIORAMENTI.....	8
2. METODOLOGÍA DI PIANIFICAZIONEDEL VOLO.....	9
2.1 PARTICOLARITÀ DELLA PIANIFICAZIONE PER LA CAMERA DIGITALE DMC ..	9
2.2 PROCEDIMENTO SEGUITO PER LA PIANIFICAZIONE	10
2.3 PROCEDIMENTO SEGUITO PER LA PIANIFICAZIONE DEL VOLO LIDAR	11
2.4 SINTESI DEI RISULTATI DELLA PIANIFICAZIONE.....	13
2.5.1 VOLO FOTGRAMMETRICO.....	13
2.5.2 VOLO LIDAR.....	13
2.5 DOCUMENTAZIONE DELLA PIANIFICAZIONE	13
3. CARATTERISTICHE ESECUTIVE DEL VOLO FOTOGRAMMETRICO E LIDAR	14
3.1 CONDIZIONI DELLA RIPRESA FOTOGRAFICA.....	14
3.2 GEOMETRIA DEL VOLO FOTOGRAMMETRICO	16
3.3 GEOMETRÍA DEL VOLO LIDAR	20
3.4 ESECUZIONE DEL VOLO FOTOGRAMMETRICO	20
4. MIGLIORAMENTI	21
4.1 Per il volo 0,25 mt:.....	21
4.2 Per il volo 0,14 mt:.....	21
5. EQUIPAGGIAMENTO.....	22
5.1 FLOTTA AEREA	22

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 3 di 68
---	---

5.2	CAMERA FOTOGRAMMETRICA DIGITALE	23
5.2.1	CARATTERISTICHE TECNICHE	24
5.2.2	SISTEMA DI NAVIGAZIONE	32
5.3	SISTEMA IMU	33
5.3.1	SISTEMA GPS INSTALLATO NELL'AEREO	33
5.3.2	SISTEMA INS	34
5.4	POST – PROCESSO	35
5.4.1	OTTENIMENTO DIRETTO DEI PARAMETRI DI ORIENTAZIONE ESTERNA.....	35
5.4.2	POST – PROCESSO DELLE IMMAGINI.....	36
5.5	LIDAR	38
5.5.1	CARATTERISTICHE DEL SENSORE LIDAR	38
5.5.2	CARATTERISTICHE TECNICHE DEL VOLO	38
6.	LOGISTICA.....	55
6.1	AEROPORTO DI BASE	55
6.2	INFORMAZIONI METEOREOLOGICHE	55
6.3	PROCEDURE PRELIMINARI PER LA QUALITA'	55
6.4	FLUSSO DELLE INFORMAZIONI TRA EQUIPAGGI E CENTRO DI POST-PROCESSAMENTO	56
6.5	REPORTS PER LA DIREZIONE DEI LAVORO	57
7.	CONTROLLO DI QUALITÀ.	58
7.1	CONTROLLO DI QUALITÀ DELLA PIANIFICAZIONE.....	58
7.2	CONTROLLO DI QUALITÀ A LA ESECUZIONE DEL VOLO FOTOGRAMMETRICO.....	60
7.2.1	CONTROLLO DI QUALITÀ GEOMETRICO.....	60
7.2.2	VALIDAZIONE DELLE RIPRESE AFG:	63
7.2.3	CONTROLLO DI QUALITÀ RADIOMETRICO.....	64
7.3	CONTROLLO DI QUALITÀ SULLA ESECUZIONE DEL VOLO LIDAR.	65
8.	PRODOTTI E DOCUMENTI DELLA CONSEGNA	66

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 4 di 68
---	---

ALLEGATI

I. LEGENDA BANCA DATI

II. BANCA DI DATI

III. GRAFICI

IV. CENTRI URBANI AL 80% DI SOVRAPPOSIZIONE LONGITUDINALI

V. STAZIONI GPS FISSE

VI. CERTIFICATI DI CALIBRAZIONE

VII.STRISCIAE

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-IOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 5 di 68
--	---

1. SINTESI

1.1 OGGETTO

Il presente lavoro ha come oggetto la realizzazione di un volo fotogrammetrico digitale con una risoluzione al terreno di 0.25/0.14 m per la realizzazione di ortofoto e modello digitale di elevazione della Regione Sicilia, Isole Minori incluse, e strutturazione di alcuni strati secondo un db_topografico.

1.2 VOLO E RIPRESA FOTOGRAMMETRICA

Verrà realizzato un volo fotogrammetrico con camera digitale con le seguenti caratteristiche:

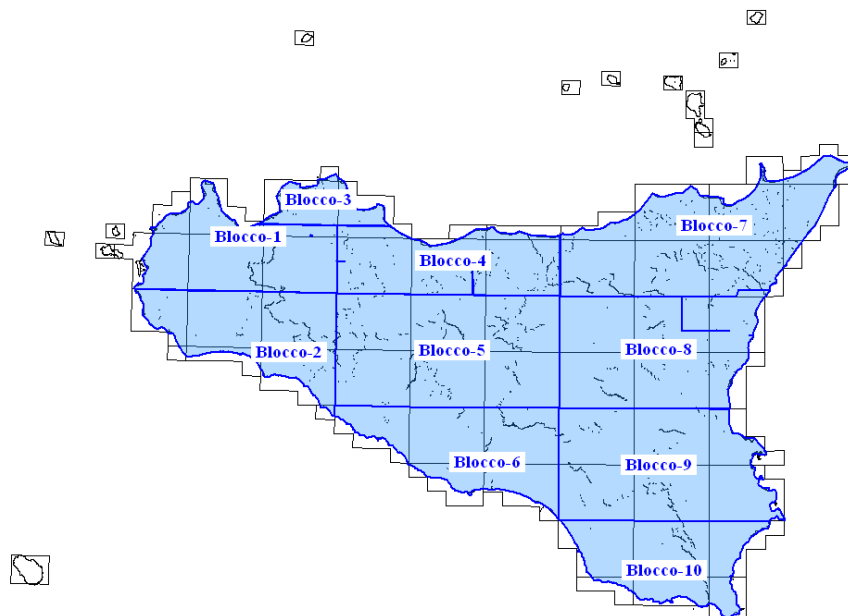
- 1) Aeromobili:** BEECHCRAFT KING AIR 200, CESSNA 404 TITAN con due botole (aperture)
- 2) Camere digitali:** Per la ripresa aerea saranno utilizzate due camere digitali Z/I DMC, due sistemi lidar ALS 50-II/60 (Leica), con le stesse caratteristiche, trasportati su due aeromobili con sistema di navigazione ASMS (Airborne Sensor Managment System) e un sistema IMU (sensori GPS e INS).
- 3) I sistemi IMU (GPS-INS):** Sono composti da un RICETTORE GPS bifrequenza nel aeromobile combinato con il ricevitore GPS a terra collocato sui vertici IGM95 o Regionali, con ricezione continua di almeno 5 satelliti, ad una distanza non superiore a 50 km, con la emissione di dati di almeno 1Hertz ogni secondo per tutta la durata del volo. Così si determineranno le coordinate dei centri di proiezione delle immagini e le coordinate dei punti lidar con grande precisione.
- 4) Nel nostro caso la pianificazione del volo garantisce il compimento dei seguenti parametri basici:**

Parametro	Volo 0,25 mt	Volo 0,14 mt
Estensione	2.578.800 Ha	45.000 ha
Pixel reale medio	0,25 mt $\pm$ 10%	0,14 mt $\pm$ 10%
Scala	1/20.800	1/11.600
Ricoprimento longitudinale	Non inferiore al 60% della superficie del fotogramma, con oscillazioni comprese entro il 5%, incrementando fino al 70% in aree con morfologia accentuata e aree urbane	Non inferiore al 70%, con oscillazioni comprese entro il 5% (offerta migliorativa)
Ricoprimento laterale	Non inferiore (per il 95% dei casi) al 15%, nelle zone pianeggianti e collinose e non inferiore al 20% nelle zone di montagna	Non inferiore al 80%, con oscillazioni comprese entro il 10% (offerta migliorativa)
Interruzione	Almeno 3 immagini sovrapposte al fine di	Almeno 3 immagini

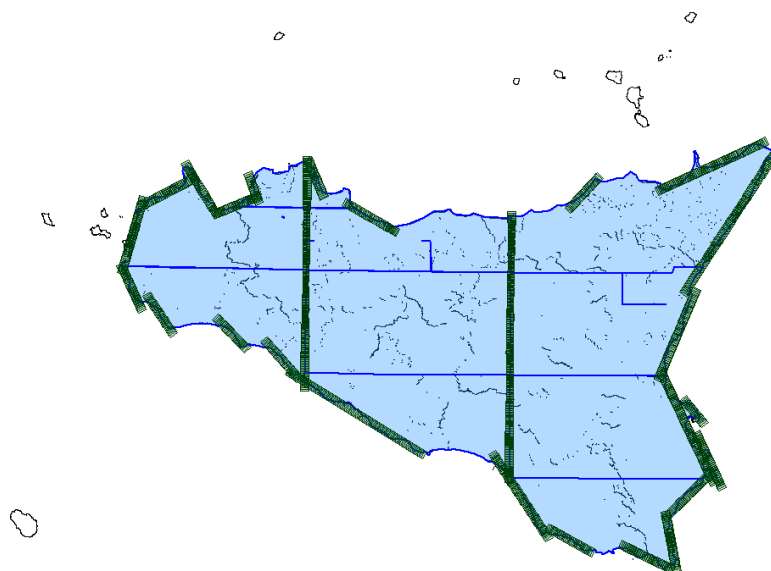
REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 6 di 68
---	---

Parametro	Volo 0,25 mt	Volo 0,14 mt
delle strisciate	garantire almeno 1 coppia stereoscopica comune	sovrapposte al fine di garantire almeno 1 coppia stereoscopica comune
Dimensione dei blocchi	I blocchi non supereranno l'estensione di 3x3 fogli al 50.000	Un blocco per ogni singolo Centro Urbano
Strisciate trasversali:	verrà offerto come miglioramento il volo di strisciate trasversali negli estremi Est e Ovest di ogni blocco ed un volo fotogrammetrico di tutta la linea di costa	verrà offerto come miglioramento il volo di strisciate trasversali negli estremi Est e Ovest di ogni blocco

5) Si propone la seguente distribuzione dei blocchi per il volo 0.25cm:



6) Strisciate trasversali: si va a proporre, come miglioramento al C.S.A. il volo di strisciate trasversali negli estremi Est e Ovest di ogni blocco ed un volo fotogrammetrico di tutta la linea di costa.



- 7) La determinazione dei parametri (x , y , z , Φ , K , Ω) di orientamento esterno di ciascun fotogramma sarà con il sistema INS, questi valori saranno integrati dopo nel processo di aerotriangolazione con i medizioni o punti di appoggio della rete di inquadramento.
- 8) Il complesso delle attrezzature fotogrammetriche , camera da presa e sistema IMU, sarà sottoposto a calibrazione prima e dopo la esecuzione,
- 9) Il formato dell'immagine finale sarà:
 - fotogrammi pixel 25 cm
 - Fotogrammi a colori RGB (8 bits per Banda) alla massima risoluzione (dopo il "Pansharpening").
 - Fotogrammi all' infrarosso nella sua risoluzione originale (8 bits).
 - Fotogrammi pancromatici nella sua risoluzione originale (8 bits).
 - fotogrammi pixel 14 cm
 - Fotogrammi a colori RGB (8 bits per Banda) alla massima risoluzione.
 - Il formato di consegna sarà TIFF 6 base, senza compressione (no "tiled") o altro concordato con il Direttore del servizio in fase esecutiva, sentito il collaudatore.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 8 di 68
---	---

1.3 MIGLIORAMENTI

Per il volo 0,25 mt:

1. Realizzazione di volo combinato Image + LiDAR di tutto l'ambito del volo a risoluzione 0,25 mt.
2. Si eseguirà un volo (strisciata) per ottenere strisciate trasversali negli estremi Est e Ovest di ogni blocco, indipendentemente dall'uso del sistema inerziale IMU/INS.
3. Realizzazione di un volo sulla linea di costa, indipendentemente dall'uso del sistema inerziale IMU/INS.
4. Aumento della fascia di sovrapposizione in zone urbane onde evitare il fenomeno prospettico sugli edifici più alti sulle ortofoto.
5. Utilizzazione della camera Leica-ADS40 nel caso in cui la DL lo consideri opportuno.

Per il volo 0,14 mt:

1. Aumento della sovrapposizione trasversale all'80%, con la finalità di minimizzare gli effetti di scostamento e di occultamenti degli edifici (pseudo true-ortho).
2. Realizzazione di volo combinato Image + LiDAR di tutto l'ambito del volo a risoluzione 0,14 mt.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-IOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 9 di 68
--	---

2. METODOLOGÍA DI PIANIFICAZIONEDEL VOLO.

2.1 PARTICOLARITÀ DELLA PIANIFICAZIONE PER LA CAMERA DIGITALE DMC

Il formato della camera digitale DMC (Z/I Imaging), presenta peculiarità geometriche diverse e nuove rispetto ai sensori analogici 230x230 mm.

Di seguito una breve tabella riassuntiva delle principali caratteristiche

PRINCIPALI COMPONENTI DELLA CAMERA DMC – Z/ IMAGING
■ Camera digitale: 8 obiettivi ottici ■ Sensore elettronico di immagini: matrice CCDs ■ Sistema di Navigazione: ASMS (Airborne Sensor Managment System) ■ Sistema GPS + INS ■ Sistema di archiviazione massivo in volo: FDS (Flight Data Storage) ■ Stazione di post-proceso a terra: PPS (Post Procesing System)

In quanto alla scala di volo,anche se apparentemente la sua diminuzione potrebbe far supporre un decadimento, si evidenzia quanto segue:

- 1) La risoluzione delle immagini si mantiene costante e pertanto non si ha perdita di dettagli; inoltre l'immagine digitale risulta essere a 12 bit nativo di risoluzione radiometrica, a fronte degli 8 bit della immagine ottenuta dalla digitalizzazione di una immagine analogica pertanto il livello di definizione dei dettagli risulta essere maggiore nella prima
- 2) In conseguenza della differenza di formato, la quota di volo risulta essere minore nel volo digitale rispetto all'analogico, pertanto si attenueranno fenomeni di scadimento dovuti agli effetti atmosferici, la curvatura terrestre.
- 3) Il maggior ricoprimento trasversale del volo digitale, garantisce una migliore configurazione dei blocchi di aerotriangolazione, mentre l'aumento del numero delle immagini risulta essere ininfluenza rispetto al volume di superficie e la risoluzione geometrica (parametri significativi di differenziazione) risultano essere uguali.
- 4) La maggior distanza focale equivalente della camera digitale, riduce i fenomeni di abbattimento e del rilievo del terreno per quanto riguarda il

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 10 di 68
---	--

processo di generazione delle ortoimmagini, che pertanto risultano migliorate.

2.2 PROCEDIMENTO SEGUITO PER LA PIANIFICAZIONE

La pianificazione delle missioni di volo si realizza con un sw sviluppato appositamente dalla casa Z/I :ISMP (Image Station Mission Planning). Si basa su tecnologia CAD/GIS integrati su Microstation, mentre si prevede che nel prossimo aggiornamento si integrerà anche con Geomedia. Il software ISMP gestisce tutte le fasi di pianificazione le cui caratteristiche si possono di seguito sintetizzare:

- Specificazione dei dati di progetto e tolleranze;
- Creazione degli assi di volo usando immagini di fondo multiple (si approfitta di tutta la potenza della piattaforma CAD);
- Digitalizzazione della cartografia di base, definizione del DTM Definizione dei limiti territoriali d'intervento.
- Introduzione e/o edizione tanto degli assi di volo quanto dei centri di presa singoli, potendo modificare il ricoprimento all'interno di una strisciata e tra strisciate, per adattare il tutto all'orografia.
- Trasformazione di datum della pianificazione.
- Creazione dell'archivio di dati corrispondenti (ogni singolo centro di presa appartenente ad ogni strisciata) per il sistema di navigazione in formato ASMS.

Il procedimento seguito per la pianificazione del volo fotogrammetrico si può così sintetizzare::

- 1) Si sono analizzati in dettaglio i parametri e le caratteristiche previste dal C.S.A. nonché del volo precedente., così come le caratteristiche morfologiche del territorio regionale ;.
- 2) Una volta introdotti i parametri della geometria del volo nel sw ISMP, si sono tracciate tutte le strisciate tenendo in conto le caratteristiche del volo ATA97. In questo modo si è ottenuto una prima pianificazione che analizzata successivamente si è depurata di tutte le incongruenze con le specifiche di C.S.A.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 11 di 68
---	--

- 3) In particolare si sono individuate tutte le zone dove si rendeva necessario cambiare altezza di volo in funzione della morfologia e del ricoprimento stereoscopico; aggiungere strisciate ecc.. Come controllo ulteriore, si è proceduto a verificare la pianificazione su di un DTM avente 200 mt come passo di maglia realizzato dalla NASA (progetto SRTM) (<http://seamless.usgs.gov/>) . In questo modo è stato possibile avere tra 150 e 200 punti di controllo da DTM per ogni fotogramma.
- 4) Il risultato del controllo geometrico è un data base numerico nel quale si possono evidenziare e analizzare principalmente i sottoelencati parametri:
 - La quota di volo calcolata per ciascuna strisciata (quota media di volo determinata per l'insieme dei fotogrammi che compongono la strisciata)
 - la quota nella quale si deve riprendere un fotogramma per rispettare i parametri del progetto.
 - L'intervallo di quote del DTM all'interno di ciascun fotogramma
 - le sovrapposizioni trasversali e longitudinali che conseguono al volare alle quote prefissate per ciascuna strisciata.
 - L'intervallo di scale che risultano al volare per la quota prevista per ciascuna strisciata;
- 5) Dall'analisi dei risultati si è ritenuto opportuno modificare la distribuzione delle strisciate previste nella prima stesura , interrompendo e/o aggiungendo altre strisciate, soprattutto nella zona limitrofa il vulcano Etna dove la pianificazione si ha fatto nord-sud per garantire la scala di volo ed il ricoprimento. Questo procedimento si ripete ed è stato ripetuto tante volte quante necessarie sino ad ottenere il rispetto di tutti i parametri prefissati per ogni fotogramma.

2.3 PROCEDIMENTO SEGUITO PER LA PIANIFICAZIONE DEL VOLO LIDAR

In questo progetto, il sensore master è la camera digitale, pertanto il sensore lidar si è adattato alla geometria del volo fotogrammetrico. La pianificazione dei parametri di volo è stata realizzata utilizzando il sw FPES realizzata dalla casa Leica produttrice del sensore. Questa procedura permette di conoscere a partire dai dati della geometria conseguenti alla pianificazione fotogrammetrica, altezza e ampiezza del fascio di raggi (FOV); i parametri che definiranno la densità e

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 12 di 68
---	--

qualità della cattura dei dati. In particolare è necessario prestare attenzione ai seguenti parametri:

- FOV: Angolo di acquisizione. In combinazione con la altezza di volo, determinerà l'ampiezza dell'angolo di acquisizione, che dovrà essere almeno uguale alla distanza tra le strisciate.
- Quota di volo sul terreno.
- Velocità di volo (e quindi di acquisizione).
- LPR (Laser Pulse Rate): indica il numero di impulsi laser che si emettono per ogni secondo. La magnitudine dipende dalla quota di volo; a minor altezza di volo corrisponde maggior frequenza e viceversa.
- Scan rate: indica l'intervallo di tempo che impiega il sensore ad emettere un fascio di impulsi ,(vedi FOV).
- La combinazione di questi elementi configura la densità dei dati per metro quadrato e la massima separazione tra i punti.

In questo progetto si è ritenuto opportuno aprire al massimo il FOV con il fine di garantire che non rimanessero “zone morte” cioè senza dati lidar, in special modo le zone montagnose, senza che questo significhi perdita di qualità dei dati metrici lidar nella loro cattura. Quantunque la apertura massima del FOV secondo la teoria implica un decadimento di precisione nella zona di margine o estremo, questo effetto si attenuerà sostanzialmente prevedendo un ricoprimento adeguato tra le strisciate. E' come dire che le zone di minor qualità di dati lidar di una strisciata (marginali) saranno coperte dalle zone di miglior qualità appartenenti alle strisciate contigue, (questo processo si realizzerà in post processamento dei dati), mentre si assicurerà con certezza la copertura uniforme di tutto il territorio.

Nel presente progetto si è prefissato ed ottenuto un ottimo bilanciamento nella sua configurazione complessiva. Questo significa in primo luogo che la distanza massima tra punti sia simile tanto nella direzione di volo come nella trasversale, assicurando inoltre che la densità di punti rispetti quanto richiesto dal C.S.A. In questo modo si otterrà una cattura di dati omogenea, rispettando comunque una copertura AFG con sensore DMC corretta e rispondente al C.S.A.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 13 di 68
---	--

2.4 SINTESI DEI RISULTATI DELLA PIANIFICAZIONE

2.5.1 VOLO FOTGRAMMETRICO

Volo fotogrammetrico				
Risoluzione	Zona	Strisciate	Fotogrammi	Volume immagini (RGB + CIR + PAN)
GSD 25cm	Sicilia	236	23,413	16,577 Gb
	Isole minori	18	574	406 Gb
	Trasversali	27	1,406	995 Gb
	Totale	281	25,393	17,978 Gb
GSD 14cm	Totale	124	3,812	2,699 Gb

2.5.2 VOLO LIDAR

Parametro	Valore
Frequenza d'impulso	84.400 Hz
Frequenza di scansione	26.1 Hz
Angolo di scansione	69° deg. Uguale al FOV della camera DMC, per essere un volo combinato e garantire le fasce di sovrapposizione tra le strisciate
Velocità di volo	150 knots
Densità di punti	Densità media = 0,32 pt/m ²
	Distanza media tra punti = 1,77 mt

2.5 DOCUMENTAZIONE DELLA PIANIFICAZIONE

- Grafici in formato Shp e DXF dei punti principali e l'impronta dei fotogrammi.
- Files di testo con la informazione inerente gli assi di volo, i fotogrammi, le coordinate dei punti principali ecc.
- Relazione tecnica contenente la documentazione completa l'esplicitazione delle operazioni svolte, le varie fasi esecutive nonché i seguenti allegati:
- Copia certificati di taratura delle camere da presa redatti in data non anteriore a due anni dalla esecuzione delle riprese;

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 14 di 68
---	--

3. CARATTERISTICHE ESECUTIVE DEL VOLO FOTOGRAMMETRICO E LIDAR

3.1. CONDIZIONI DELLA RIPRESA FOTOGRAFICA.

Immagine Fotografica. Il formato dell'immagine finale sarà "True Color" RGB, Infrarosso e pancromatici a 8-bit per canale di range dinamico, alla massima risoluzione e con una scala di 1:20.800 conseguente alla risoluzione richiesta dalle prescrizioni tecniche.

La cattura delle immagini digitali avverrà mediante 8 camere (4 per il pancromatico e 4 per ciascuno dei canali multispettrali) che costituiscono la configurazione della DMC. Queste vengono archiviate in dispositivi FDS (Flight Data Storage) che permettono di archiviare sino a circa 4500 immagini .

Il prodotto fotografico si otterrà mediante post-processazione delle 8 riprese disponibili per immagine, generando l'immagine finale RGB di 7680 x 13824 pixel. Ogni immagine avrà una dimensione approssimativo di 700 MB in formato TIFF senza compressione (300 RGB + 300 CIR + 100 PAN).

Le immagini avranno una saturazione superiore a 0.5% per ogni banda dell'istogramma

Ogni immagine sarà accompagnata dai suoi metadati corrispondenti quali: Ente committente, Impresa esecutrice, descrizione lavoro, scala nominale, strisciata, numero dell'immagine, data ora n di serie della aerocamera e obiettivi, distanza focale calibrata e quanto la Committenza e Direzione Lavori riterranno utile.

Esposizione. La camera ha incorporato un sistema automatico di esposizione che misura l'illuminazione che esiste nella scena per agire nell'apertura relativa e tempo di esposizione degli otturatori meccanici montati su ogni sistema ottico, permettendo l'entrata di più o meno luce.

Gli spostamenti dell'immagine dovuti al movimento della camera durante l'esposizione saranno ridotti grazie all'uso del sistema elettronico TDI (Time Delay Integrated).

Le esposizioni realizzate per ripetere fotografie danneggiate, rifiutate o perse verranno realizzate con la stessa camera aerea utilizzata nell'esposizione originale e nelle condizioni di data e luminosità più simili.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 15 di 68
---	--

Supporto della camera. Il corpo ottico della camera è disegnato per incastrare perfettamente nella piattaforma di sostegno girostabilizzatrice T-AS che si impiega nelle camere digitali DMC.

Sessioni di volo. Ogni sessione di volo sarà accompagnata dai seguenti dati:

- Nominativo dell'equipaggio;
- Tipo di camera e serie;
- Tipo di ottiche e focale calibrata;
- Correzione della altitudine;
- Breve descrizione delle condizioni meteo riscontrate;
- Scala nominale delle immagini;
- Area coperta;
- Data delle operazioni;
- Verso di ogni singola strisciata;
- Perecentuale di ricoprimento;
- Numero di fotogramma di inizio e fine di ogni strisciata riferito al contascatti della aerocamera;
- Ora di inizio e fine di ogni strisciata;

Osservazioni:

- Completezza o meno di ogni singola strisciata eseguita;
- Osservazioni su ogni elemento delle operazioni di ripresa stessa;

Elaborazione. Ogni sessione di volo sarà elaborata al più presto possibile dopo l'esposizione. Le linee di volo seguite e la qualità dell'immagine saranno rapidamente controllate per verificare l'osservanza delle specifiche.

Grafici di Volo. Si fornirà un file di progetto in ambiente operativo Esri - ArcGis che conterrà, i seguenti strati informativi: centri di proiezione (associati alla BD di volo), perimetri dei fotogrammi (associati alla BD di volo), oltre alla consegna di opportuno supporto cartaceo ed in formato PDF

Gli shape contenuti nel progetto Esri-Arcgis saranno:

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 16 di 68
---	--

- Punti principali, associati alla banca dati del volo con il numero del fotogramma corrispondente
- Perimetro areale dei fotogrammi associati alla banca dati del volo con il suo numero di fotogramma corrispondente

Oltre a quanto elencato si consegneranno in formato cartaceo e digitale il ricoprimento fotografico costituito dal perimetro dei fotogrammi alternati con la rispettiva numerazione su base cartografica 1:50.000

3.2. GEOMETRIA DEL VOLO FOTOGRAMMETRICO

Partendo dal capitolato di prescrizioni tecniche fornito dal cliente si determinano le caratteristiche che deve compiere il volo fotogrammetrico pianificato. Nel caso di voli combinati con camera digitale e LIDAR si devono compiere simultaneamente le specificazioni pretese dai prodotti ottenuti con entrambi i sensori.

Stereocarto ha disegnato un sistema (mediante SW di sviluppo proprio) che ottimizza il numero di strisciate in base a un MDT e a delle specificazioni tecniche date. Come prima conclusione, possiamo dire che, per ottimizzare il numero di tagli di strisciata per rilievo (scala, perdita di fascia di sovrapposizione, etc), normalmente è meglio partire da una prescrizione “più esigente” a priori, in modo che il limite prescritto sia più difficile da raggiungere e per tanto, si dovranno tagliare meno strisciate. Per esempio, può essere più redditizio pianificare con un pixel nominale di 21cm e fascia di sovrapposizione 70% - 35% perché così esiste un margine maggiore prima di non compiere le specificazioni.

Dobbiamo ricordare che il numero di ore di volo è la somma del tempo in cui l'aereo fa strisciate più il tempo che sta facendo giri tra le strisciate. Per tanto, una riduzione del numero di strisciate grava in modo significativo sul numero di ore di volo. E inoltre, non solo si riduce il numero di ore di volo, la riduzione del numero di strisciate semplificherà i compiti di aerotriangolazione e di mosaico; cosa che arricchirà sia la produttività che la qualità dei prodotti ottenuti.

In quanto alla parametrizzazione del sistema LiDAR, è opportuno riferire, dato che il presente progetto ha come obbiettivo principale il conseguimento di un MDT d'uso generico e ortofoto. Tuttavia, sia i parametri che la metodologia di lavoro proposta garantiranno non solo il compimento, ma anche un

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 17 di 68
---	--

miglioramento sensibile della qualità del MDT rispetto alle previsioni del capitolato.

Nel nostro caso la pianificazione del volo si realizzerà garantendo il compimento dei seguenti parametri basici:

Parametro	Volo 0,25 mt	Volo 0,14 mt
Estensione	2.578.800 Ha	45.000 ha
Pixel reale medio	0,25 mt $\pm$ 10%	0,14 mt $\pm$ 10%
Scala	1/20.800	1/11.600
Ricoprimento longitudinale	Non inferiore al 60% della superficie del fotogramma, con oscillazioni comprese entro il 5%, incrementando fino al 70% in aree con morfologia accentuata e aree urbane	Non inferiore al 70%, con oscillazioni comprese entro il 5% (offerta migliorativa)
Ricoprimento laterale	Non inferiore (per il 95% dei casi) al 15%, nelle zone pianeggianti e collinose e non inferiore al 20% nelle zone di montagna	Non inferiore al 80%, con oscillazioni comprese entro il 10% (offerta migliorativa)
Dimensione dei blocchi	I blocchi non supereranno l'estensione di 3x3 fogli al 50.000	Un blocco per ogni singolo Centro Urbano
Strisciate trasversali:	verrà offerto come miglioramento il volo di strisciate trasversali negli estremi Est e Ovest di ogni blocco ed un volo fotogrammetrico di tutta la linea di costa	verrà offerto come miglioramento il volo di strisciate trasversali negli estremi Est e Ovest di ogni blocco

Altri parametri e dati di interesse

- La quota media di volo di ciascuna strisciata, si determinerà tenendo conto, nella scala reale, di un numero superiore a trenta punti per ogni foto. La scala reale come noto viene calcolata proiettando un numero significativo di punti del campo fotografico di una singola immagine sul DTM della zona. In questo modo l'altezza finale di ogni singola strisciata si ottiene per ponderazione delle altezze minima, media e massima di ciascuna delle immagini contenute nella strisciata
- I voli saranno il più possibile rettilinei e a quota costante e le riprese saranno effettuate secondo strisciate parallele composte in blocchi congrui per la superficie coperta.
- Se il territorio lo impone, o per motivazioni operative del volo, meteorologiche o orografiche, le strisciate saranno interrotte ad altezze di volo diverse (per mantenere la scala del volo) e ci dovrà essere un ricoprimento comune con

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 18 di 68
---	--

un minimo di 3 immagini per garantire, almeno 1 modello stereoscopico. A fine di ottenere sempre il miglior risultato si effettuerà un ricoprimento con almeno sempre 4 fotogrammi.

- **Assi delle strisciate.** Il territorio oggetto dell'appalto sarà ricoperto sempre con strisciate nella direzione est-ovest con assi rettilinei e paralleli, eseguite in modo tale che rimanga assicurata la copertura stereoscopica della totalità della zona oggetto del lavoro. Non si realizzeranno passate eccessivamente lunghe per evitare variazioni cromatiche nei mosaici di immagini, eccetto nei casi giustificati dalla chiusura di blocchi:
 - In ogni strisciata lo scostamento massimo del punto principale dall'asse della strisciata medesima, non supererà il 10% del lato del fotogramma in zone pianeggianti o collinose e il 5% in zone di montagna.
 - Gli assi delle strisciate saranno sempre paralleli. La retta che unisce i punti principali dei due fotogrammi esterni di ogni passata non formerà in nessun caso angolo superiore a 5 gradi sessagesimali con le rette analoghe delle passate contigue.
 - La determinazione dei centri di proiezione sarà stabilita con sqm minore o uguale di 15 cm (X,Y,Z).
 - Le componenti planimetriche relative alla posizione del centro di fase dell'antenna rispetto al centro di presa della camera fotogrammetrica sarà uguale a 0.50 m
- **Strisciate trasversali** si realizzeranno in base ai seguenti criteri per migliorare la consistenza dei blocchi del volo 0,25 mt:
 - Per ottenere un adeguato irrigidimento dei blocchi verranno eseguite 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, in presenza di sistemi GPS/IMU le strisciate trasversali possono essere omesse.
 - Nel caso in cui uno degli estremi sia sul mare, si sostituirà la passata trasversale con le passate parallele alla costa.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 19 di 68
---	--

- **Verticalità.** La deviazione della verticale della camera nel momento della ripresa non sarà mai superiore a 4 gradi sessagesimali, come quella tra le immagini adiacenti.
- La ripresa aerea sarà ripetuta per quelle zone nelle quali i requisiti richiesti non fossero ottenuti o tolleranze fossero superiori a quanto imposto. Le strisciate integrative saranno sempre iniziate e finite con almeno 4 fotogrammi (3 modelli) prima e dopo il numero di fotogrammi rifiutati.
- **Blocchi fotogrammetrici:** I blocchi non supereranno l'estensione di 3x3 fogli al 50.000. Si cercherà comunque sempre di ottenere blocchi di 2x2 fogli al 50.000 per questioni operative di produzione.
- **Stazioni a terra.** Saranno utilizzati almeno 2 ricevitori a terra, sia su vertici della rete geodetica nazionale, sia stazioni permanenti appartenenti alla Rete Nazionale Dinamica. 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.
- **Epoca di volo:**
 - 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)
 - In condizioni di assenza di foschia, nubi e fumi
 - L'altezza del sole sull'orizzonte non deve essere inferiore a 30° in pianura/collina e 35° in montagna
 - L'epoca di ripresa è compresa tra il 1 di Aprile ed il 15 di novembre
- **Navigazione.** La navigazione sarà sempre assistita da un sistema GPS, mentre la correzione in fase di acquisizione fotografica, si realizzerà mediante il sistema ASMS (Airborne Sensor Management System) di controllo e gestione del volo.

Il sistema ASMS permette, grazie alle informazioni provenienti dai diversi sensori di cui è costituito, al dispositivo video integrato, di controllare la georeferenziazione delle immagini nel momento dell'acquisizione, la geometria del ricoprimento, oltre alla qualità di ogni immagine (presenza o meno di nubi, ombre ecc.) in tempo reale

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 20 di 68
---	--

3.3. GEOMETRÍA DEL VOLO LIDAR

I sensor master in questo lavoro è la camara digitale. Di conseguenza, i volo lidar deve adattarsi alla geometria del volo fotogrammetrico fra tanto distanza tra strisciate e altezza di volo.

Tuttavia, quando fare il volo simultaneo esiste un parametro del volo fotogrammetrico che è determinato dal sensore Lidar: la distanza fra l'aeroplano e la stazione di riferimento GPS non deve sorpassare 50km.

3.4. ESECUZIONE DEL VOLO FOTOGRAMMETRICO

Prima dell'esecuzione del volo si effettuerà una fase di controllo di tutte l'informazioi contenute nel progetto e di tutte le attrezzature tanto fotogrammetriche che aeronautiche.

Il volo sarà effettuato previa l'istallazione del file di coordinate pianificate con formato mdb nel sistema di navigazione. Queste coordinate di pianificazione dei centri di proiezione si impiegano, in primo luogo, come riferimento per la realizzazione degli scatti e, in secondo luogo, come strumento di controllo della regolazione del volo a quanto pianificato, mediante il suo confronto con le coordinate che si ottengono in tempo reale via satellite.

Dal momento in cui si avviano i motori dell'aereo fino a che si spengono nell'aeroporto d'arrivo, il sensore GPS integrato nel sistema cattura gli eventi della ripresa di immagini. In aggiunta, il sistema è corredato di un'attrezzatura di INS (Inertial Navigation System) che acquisisce informazioni di posizionamenti cinematica con una frequenza di almeno 200Hz. Utilizzando una serie di acilloscopi la INS determina entrambe le triadi di parametri (x, y, z) e (ω, ϕ, κ) , che nella fasi di post-processazione, attraverso un software specifico, permette di determinare le posizioni dei centri di proiezione delle immagini con grande precisione in poco tempo immediatamente dopo il volo.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 21 di 68
---	--

4. MIGLIORAMENTI

4.1 Per il volo 0,25 mt:

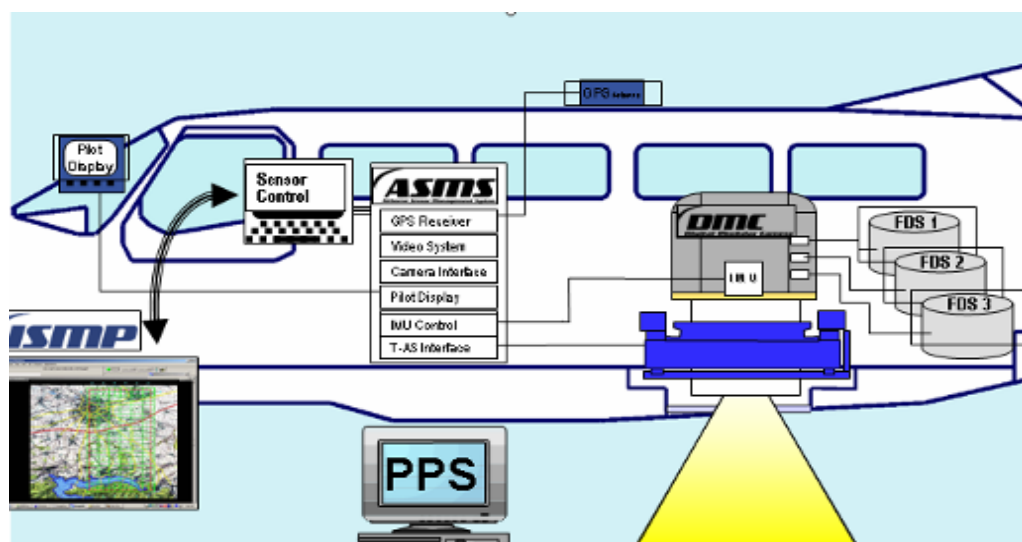
1. Realizzazione di volo combinato Image + LiDAR di tutto l'ambito del volo a risoluzione 0,25 mt.
2. Si eseguirà un volo (strisciata) per ottenere strisciate trasversali negli estremi Est e Ovest di ogni blocco, indipendentemente dall'uso del sistema inerziale IMU/INS.
3. Realizzazione di un volo sulla linea di costa, indipendentemente dall'uso del sistema inerziale IMU/INS.
4. Aumento della fascia di sovrapposizione in zone urbane onde evitare il fenomeno prospettico sugli edifici più alti sulle ortofoto.
5. Utilizzazione della camera Leica-ADS40 nel caso in cui la DL lo consideri opportuno.

4.2 Per il volo 0,14 mt:

1. Aumento della sovrapposizione trasversale all'80%, con la finalità di minimizzare gli effetti di scostamento e di occultamenti degli edifici (pseudo true-ortho).
2. Realizzazione di volo combinato Image + LiDAR di tutto l'ambito del volo a risoluzione 0,14 mt.

5. EQUIPAGGIAMENTO

Schema esemplificativo dell'equipaggiamento disponibile a bordo dell'aeromobile:



5.1 FLOTTA AEREA

Stereocarto dispone di una flotta di aerei composta da un BEECHCRAFT KING AIR 200, CESSNA 404 Titan. che dedicherà al progetto, oltre un CESSNA 402 C e un CESSNA 421. I due aeromobili sono strutturati in modo tale da poter montare contemporaneamente due sensori distinti, un telescopio di osservazione e tutte le attrezzature accessorie necessarie ad una gestione integrata. Rispettivamente i due aeromobili soddisfano tutte le condizioni necessarie all'ottenimento di una ottima ripresa fotogrammetrica, infatti il carrello di atterraggio di ognuna di esse non altera il campo visivo dell'obiettivo fotografico e inoltre i gas di scappamento rimangono fuori da questa vista avendo i motori sulle ali.

Si riportano di seguito delle brevi schede tecniche riassuntive:

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 23 di 68
---	--

CESSNA 404 – TITAN



Targa: EC-JQI
Motori: 2 x Continental GTSIO-520-M 375HP
Peso: Vuoto 2181kg
Peso Massimo al decollo: 3818kg
Autonomia: 2700 km (8:30 ore)
Velocità di crociera : 310 km/h
Altezza Massima de volo: 30.000 ft
Dimensioni: Envergadura 14.1 m, **Longitud:** 10.9 m, Alto: 4 m
Attrezzato con moderne attrezzature di navigazione: HSI, GPS, RNAV, VOR, RMI, A/P, Altimetro, Radar Meteorologico
Adatto per montare simultaneamente due sensori

BEECHCRAFT KING AIR 200



Targa: EC-KNT
Motori: 2 x Pratt & Witney _Turboprop 850 HP
Peso: Vuoto: 3520 kg
Peso Massimo al decollo: 5670 kg
Autonomia: 3338 km
Velocità di crociera: 536 km/h
Altezza Massima de volo: 32.800 ft
Dimensioni: Envergadura: 16.61 m, Longitud: 13.34 m, Alto: 4.5 m
Attrezzato con moderne attrezzature di navigazione: HSI, GPS, RNAV, VOR, RMI, A/P, Radio Altimetro, Piloto Automático
Adatto per montare simultaneamente due sensori

5.2 CAMERA FOTOGRAMMETRICA DIGITALE

Le camere fotogrammetriche che si utilizzeranno sono delle DMC (Digital Mapping Camera) di Z/I Imaging®. Queste risultano essere tra i sensori aerofotogrammetrici più avanzati tecnicamente presenti sul mercato, in grado di operare con indubbi vantaggi tecnici rispetto sensori analogici e rispetto a quelli digitali presenti sull mercato



REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-IOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 24 di 68
--	--

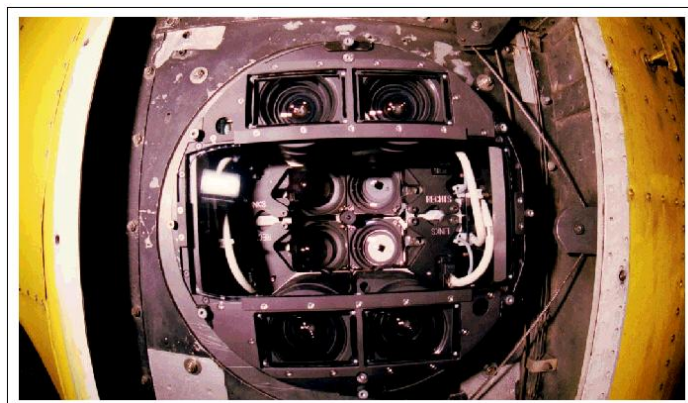
5.2.1 CARATTERISTICHE TECNICHE

Camera	Caratteristiche Tecniche
Camera fotogrammetrica	Nº2 Camere Digitali ZI-DMC: Serial Number 0100037 y 0100020
Formato	13824 x 7680 pixels. Dimensione CCD 12 micron
Distanza Focale	120 mm
Calibrazione Camera	Certificato di taratura periódica redatto in data non superiore a 24 mesi, rilasciato dal fabbricante o da un centro autorizzato.
Controllo esposizione	Automatico, gestito dal sistema di navigazione in tempo reale.
Sistema FMC (Forward Motion Compensation)	Uso obbligatorio. Compensazione elettronica. TDI (Time Delayed Integration)
Supporto Camera fotogrammetrica	Piattaforma Girostabilizzatrice: ZEISS T-AS Nº de serie: 143147 144428 y 144429 con posibilita` di registrare le rotazioni.
Finestra Fotogrammetrica	Di qualita`ottica C1 o superiore, provvista di materiale ammortizzante.
Sistema di navigazione e post-prcesso basato su GPS	STRUMENTAZIONE MOBILE PRESENTE SULL'AEROMOBILE: -Sistema di navigazione GPS "TRACK'AIR" y ZI-ASMS -Nº 2 Riettori Novatel Millenium OEM3 con doppia frequenza (L1/L2) 12 canali con corrispondenti antenne GPS L1/L2 low gain. Frequenza registro: fino a 10 Hz -Cavi antenna speciali per apparati low gain virtualmente senza perdita di segnale. SOFTWARE DI POSTPROCESSO -Flykin software per calcolo GPS cinematico LH-systems.
Osservazioni GPS	Verra`emesso 1hz ogni secondo per tutta la durata del volo e a partire da 10 minuti prima del decollo e fino a 10 minuto dopo l'atterraggio. Inizializzazioe (in intorno, in ambiente) statica. Frequenza di registro di 1 secondo. Misura della fase in L1 y L2. Codice C/A, e pseudo P1 e P2. Mascara di elevazione >10º
Sistema Inerziale (IMU/INS)	- Sistema Inerziale APLANIX (IMU + PCS) frequenza di registro fino a 200hz IMU 5.10rev - Software -POS/AV 510 software di gestione del sistema durante il volo -POS/PAC software integrato per calcolo GNSS/INS cinematico di Applanix

Lenti

Il progetto specifico delle ottiche sviluppato dalla Carl Zeiss, consente una distorsione minima, notevole apertura (f/4), alta risoluzione e risposta omogenea su tutto il campo fotografico. Si utilizzano lenti indipendenti per ogni obiettivo, con

il fine di ottimizzare il funzionamento del pancromatico e del colore visto che lenti separate danno risultati migliori rispetto ad un obiettivo unico di gran diametro.



Potere di ripetizione

Il potere di ripetizione del sistema per ogni immagine è di 2,1 secondi, e questo assicura un ottimo rapporto segnale-rumore. Tradotto nel potere di risoluzione, significa che la grandezza minima del pixel sul terreno (GSD) che può acquisire è di 5 cm.

Formato dell'immagine

La configurazione matriciale della immagine finale è di 7680 x 13824 pixel di 12 micron ciascuno e genera un formato fotografico di 92,160 mm x 165,888 mm. La distanza focale è di 120 mm. Facendo sì che il campo visivo sia di 42° e di 69,3° nel senso della traccia e in quello trasversale, rispettivamente.

Filtri

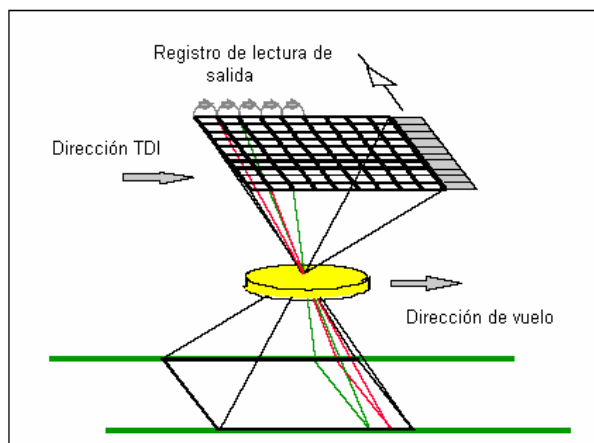
Si usa costantemente il filtro "Antivignetting". Mentre il sensore è dotato altresì di vari filtri specifici per i canali multispettrali da utilizzarsi nei casi particolari.

Sistema automatico di esposizione e compensazione dell'immagine

La aerocamera ha incorporato un sistema automatico di esposizione che rileva costantemente l'intensità di illuminazione della scena di ripresa e regola costantemente il sistema di apertura dell'entrata della luce, al fine di ottimizzare le condizioni di ripresa.

Allo stesso tempo, incorpora un sistema evoluto del FMC (Forward Movement Compensating) che elimina le distorsioni dovute al movimento dell'aereo durante

il tempo di esposizione. Questo sistema si chiama TDI (Time Delayed Integration).



Effetto del TDI nella formazione geometrica dell'immagine in un sensore matriciale

Posizionamento della camera sulla piattaforma



La camera supportata dalla piattaforma

Il corpo ottico dei moduli del sensore è stato progettato per alloggiare perfettamente nella piattaforma girostabilizzata T-AS che si impiega per la camera digitale DMC.

La piattaforma è collegata con il sistema di navigazione ASMS il quale trasmette la correzione di deriva determinata a partire dalla immagine ausiliaria rispetto alla immagine omologa acquisita dal sensore DMC. In questo modo si garantisce che la deriva non compensata non superi i 3 gradi.

Documentazione della camera e calibratura

Per ottenere la migliore qualità delle immagini, il sensore viene sottoposto a calibrazioni delle parti ottiche in maniera separata e successivamente nel suo insieme una volta installati nel corpo di ripresa.

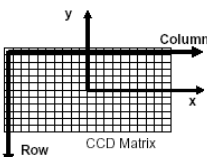
I valori ottenuti dal processo di calibrazione di ogni singolo corpo ottico , sono archiviati per essere utilizzati poi nel postprocessamento delle immagini. Questi consistono in posizioni relative, valori di distanza focale calibrata e alcuni parametri radiometrici necessari per tarare la distinta sensibilità di ogni matrice CCDs.

Di seguito si riporta un certificato di calibrazione tipo, relativo ad uno dei sensori ottici

Calibrated Brown Parameters				
Camera ID : 02110016				
	Param	Adjusted	Std.dev.	
Principal Point [mm]	Dxp	5.644e-005	9.032e-006	is significant
	Dyp	-2.543e-004	5.517e-006	is significant
Focal Length [mm]	Dc	-3.693e-004	1.365e-006	is significant
Radial Distortion	K1	6.288e-001	1.729e-002	is significant
	K2	-3.845e+002	6.478e+000	is significant
	K3	0.000e+000	1.000e-031	is eliminated
Decentering distortion	P1	7.730e-004	2.058e-004	is significant
	P2	-3.135e-004	1.049e-004	is significant
In Plane Distortion	b1	-4.815e-005	1.289e-005	is significant
	b2	4.361e-005	6.368e-006	is significant

Adjusted Focal length = 120+ dc =119.9996307 [mm]

Definition of coordinate system:



Descrizione del sistema di acquisizione

.Le componenti del sistema di apparecchiature esterno alla camera sono:

- Calcolatore della camera.
- Sistema di archiviazione di massa dei dati.
- Sistema di navigazione e monitor del pilota.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE

Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar

Realzione_pianificazione_volo
Data: Luglio 2012
Pag. 28 di 68

Computer di controllo della camera

Il principale componente del computer della camera è il canale dei dati immagine ad alta velocità, progettato per trasferire in tempo reale le immagini acquisite al sistema di archiviazione.

Il sistema supporta una trasmissione dati sino a 100 Mb/sec. E in vari formati di compressione.



Sistema di controllo della camera.

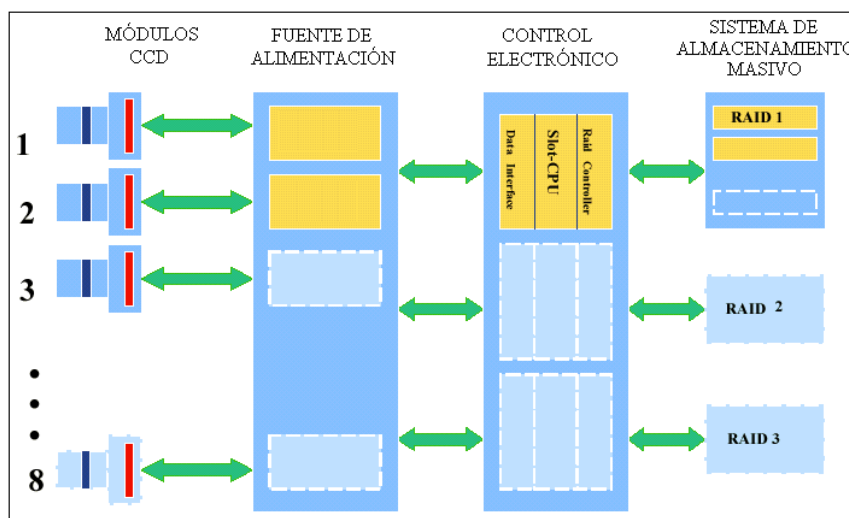
Sistema di memoria per archiviazione di massa FDS

Il sistema di archiviazione permette che siano immagazzinati tutti i dati di missione del volo, sia come immagini che come dati di volo in posizionamento e orientamento raccolti dal sensore GPS e l'unità IMU.

Il sistema di archiviazione consta di una serie di hd. Con dispositivo SCSI di entrata e uscita ad alta velocità, in grado di sopportare tutti quei fattori di disturbo esterno dovuti al volo in ordine alla temperatura, pressione, vibrazioni ecc.

Le immagini che si ottengono durante l'esecuzione del volo si archiviano nel sistema in un formato speciale mediante una compressione hardware direttamente implementata. Pertanto ogni immagine consiste in un blocco uni o bidimensionale normalizzato a 8, 10 o 12 bits e archiviato in un formato standard o compresso.

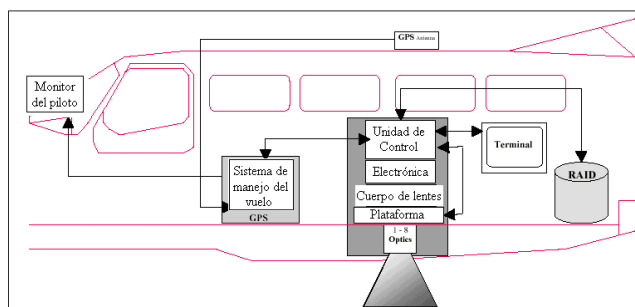
Successivamente i dati vengono trasferiti attraverso un collegamento di tipo FC-AL (fibre channel-arbitrated loop) con velocità fino a 2 Gbps da ciascun sistema slot-CPU verso un sistema di hd completamente sostituibili direttamente in volo con tecnologia Hot-Swap.



Trasmissione dei dati e archiviazione

Sistema di navigazione e monitor del pilota

E' importante che durante le operazioni di volo si possano modificare alcuni parametri di progetto preventivo in base alle condizioni operative incontrate. Ciò può essere eseguito direttamente dall'operatore di bordo attraverso una semplice interfaccia di comunicazione con la camera. A questo scopo la camera ha incorporato uno schermo attivo (tattile) ad alta risoluzione e contrasto che ne agevola il controllo. Allo stesso modo opera l'interfaccia disponibile per il pilota che può interagire interattivamente ed indipendentemente dall'operatore di bordo senza interferenze reciproche.



REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE

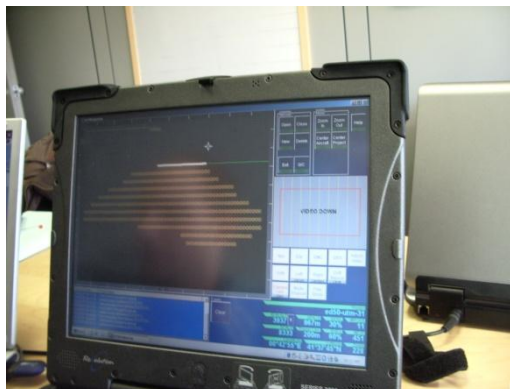
Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar

Realzione_pianificazione_volo

Data: Luglio 2012

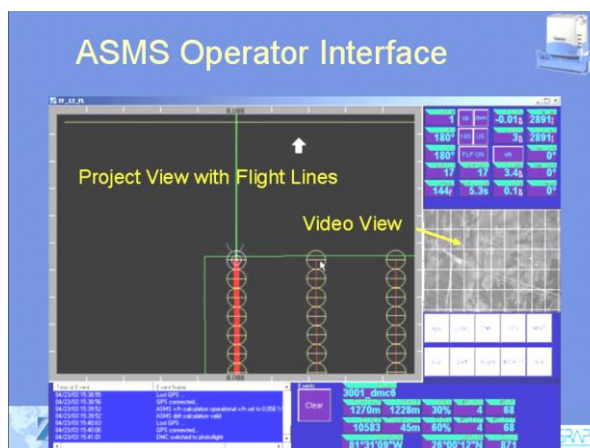
Pag. 30 di 68

. Schema generale del sistema IMU/GPS/Camera



Monitor di controllo del pilota

Il sistema di navigazione è il mezzo per poter eseguire esattamente la ripresa di ogni immagine nella esatta posizione pianificata di progetto.



Sistema di navigazione ASMS operante nel sistema IMU/GPS/Camera

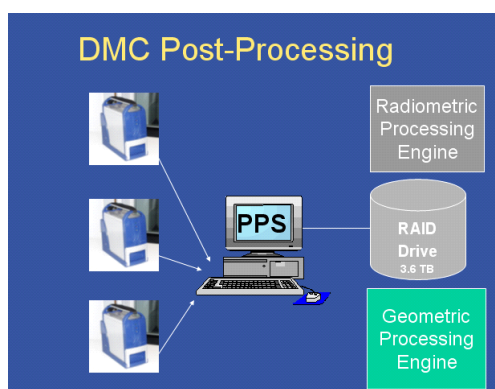
Questo sistema permette, inoltre, di interagire attraverso una vista del campo di ripresa sui parametri di acquisizione al fine di ottimizzare queste operazioni. Il sistema regola anche il dispositivo TDI intervenendo sulla reazione v/h in forma automatica ma anche con interventi manuali che si possano rendere necessari. In aggiunta alla camera fotogrammetrica, a bordo dell'aeromobile è installata anche una videocamera che permette di visualizzare il tragitto dell'aereo sul terreno in tempo reale, al fine di poter intervenire sulla deriva che può essere corretta in modo manuale. Nello stesso tempo, questa videocamera, permette la verifica della presenza o meno di nubi o ombre o fattori pregiudizievoli per la

ripresa fotogrammetrica. A questo scopo per ogni immagine acquisita dalla camera, viene acquisita una equivalente immagine della videocamera che perme una verifica delle immagini acquisite già prima del loro processamento, consentendo così la possibilità di rifacimenti già durante le operazioni di volo stesse.

Archiviazione dei dati

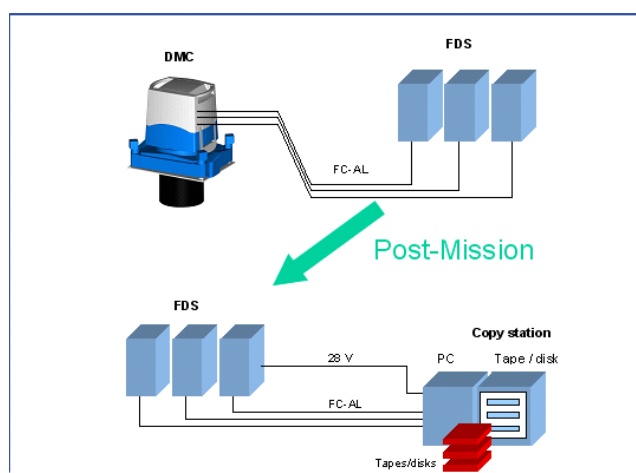
Una volta realizzato il volo, esistono due possibilità distinte di archiviazione dei dati:

- Porre direttamente il sistema di hd utilizzati in volo, in collegamento attraverso un canale in fibra ottica ad una stazione di lavoro



Scarico dati FDS / PPS.

- Oppure trasferire i dati FDS direttamente ad un sistema array di hd rimovibile per poi trasferirli alla stazione di lavoro



Scarico dati FDS / Titán.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 32 di 68
---	--

Al fine di comprendere le dimensioni di occupazione in termini di spazio su disco utilizzato, si riporta, di seguito, una tabella di sintesi in funzione della radiometria e delle caratteristiche dell'immagine.

ARCHIVIAZIONE IMMAGINI DMC			
CARATTERISTICHE IMMAGINE	8 BITS	10 BITS	12 BITS
IMMAGINE COLORE	18 Mb	22.5 Mb	27 Mb
IMMAGINE VIRTUALE	112 Mb	140 Mb	168 Mb
SUM (im. colore+ im. virtuale)	130 Mb	162 Mb	195 Mb
COMPOSIZIONE A COLORI	336 Mb	420 Mb	504 Mb

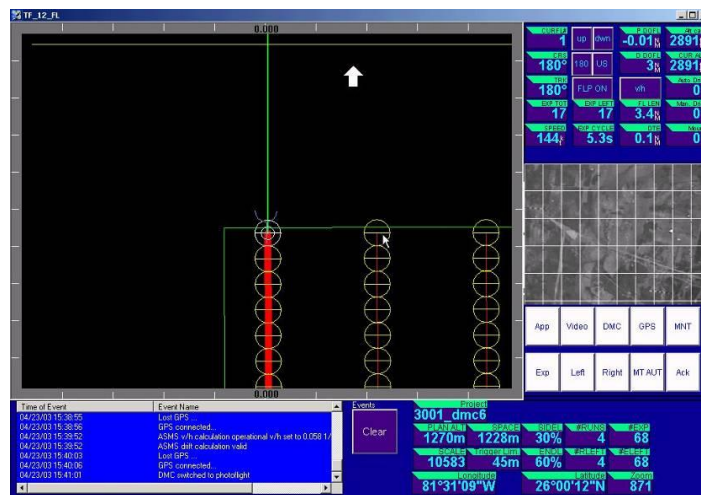
5.2.2 SISTEMA DI NAVIGAZIONE

Per la gestione del volo, si impiegherà un sistema di navigazione satellitare, mentre per la esecuzione delle riprese AFG questo sarà implementato da un sistema ASMS (Airborne Sensor Managment System) di controllo e gestione così come già specificato. L'ASMS si fa carico di controllare e gestire integralmente il volo, oltre a creare un archivio dei dati acquisiti dai vari sensori: Camera, GPS, INS, per essere poi processati distintamente.

Il sistema ASMS permette inoltre un controllo in tempo reale da parte del pilota della esecuzione del volo processando in tempo reale i dati di navigazione e le immagini acquisite conformemente a quanto pianificato. Permette inoltre il controllo, da parte dell'operatore attraverso la camera di servizio, del rispetto delle sovrapposizioni pianificate tra immagini e tra strisciate, nonché la presenza di fattori limitativi delle immagini quali nubi, ombre ecc.

Realzione_pianificazione_volo
Data: Luglio 2012
Pag. 33 di 68

Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar



Il sistema IMU di cui sono dotati gli aerei che saranno impiegati consta di due componenti quali il GPS e INS

Si tratta di un ricevitore a doppia frequenza attraverso il quale è possibile determinare le coordinate precise del centro di proiezione dei fotogrammi acquisiti, coordinate che saranno in seguito post-processate con metodologia cinematica-differenziale con i dati acquisiti contemporaneamente dai ricevitori GPS a terra posti sui vertici di rete. Le caratteristiche dei ricevitori NOVATEL Millenium presenti a bordo dell'aeromobile sono:

- 12 canali doppia frequenza portanti L1 , L2.
- Tempi di campionamento a partire da 0,1 secondi.
- Osservazioni mediante codice e differenza di fase.
- Algoritmi doppie differenze
- Precisione nelle coordinate della camera DGPS: tra 10 e 30 cm.
- La base di dati acquisita (dai dati trattati) permette ottenere le seguenti informazioni:
 - Coordinate x,y z dei centri di proiezione.
 - Ora e data di acquisizione di ciascuna immagine

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 34 di 68
---	--

- Focale, ricoprimento

- Ente committente

- Descrizione del progetto

- Osservazioni GPS. Il tempo di campionamento per i dati GPS sarà di 1 secondo (1Hertz), a partire dal decollo dell'aereo sino al suo atterraggio, con acquisizione delle due frequenze L1 L2 Codice C/A pseudo P1 P2 , con angolo di elevazione di 10 gradi.

- Ricevitori a terra:

- Durante la ripresa aerea saranno attivati sul terreno una serie di ricevitori con caratteristiche simili a quello di bordo. Si assicurerà che la distanza massima tra il ricevitore a terra e l'aereo non sia maggiore di 50 chilometri per tutta la durata delle riprese AFG.

- I ricevitori a terra saranno collocati su vertici delle reti geodetiche sopramenzionati.

- Si assicurerà la ricezione per tutto il tempo di acquisizione di almeno 5 satelliti.

- La precisioni relativa per la determinazione dei centri di proiezione sarà di $\text{sqm} \leq 15 \text{ cm (X,Y,Z)}$.

5.3.2 SISTEMA INS

Questo apparato permette di ottenere i sei parametri di orientamento esterno di ciascuna immagine (x , y , z , Φ , K , Ω). In virtù di questo si possono ridurre considerevolmente i punti di appoggio da determinare in campagna in quanto si rendono necessari solamente quelli atti a correggere la sistematicità della IMU (GPS+INS) o supportare il cambio di Datum. I valori di orientamento ottenuti si possono impiegare nella aerotriangolazione insieme ad una quota minima di punti di appoggio fotografico. Il modello di cui si dispone è Pos AV510 di Applanix. Il complesso delle attrezzature fotogrammetriche , camera da presa e sistema IMU, sarà sottoposto a calibrazione prima e dopo la esecuzione delle riprese.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 35 di 68
---	--

5.4 POST – PROCESSO

5.4.1 OTTENIMENTO DIRETTO DEI PARAMETRI DI ORIENTAZIONE ESTERNA

Questa tecnologia permette di ottenere i 6 parametri di orientamento esterno di ognuna delle immagini (x , y , z , ω , ϕ , κ). In questo modo, si può ridurre la necessità di punti di appoggio a meno di quelli imprescindibili, per correggere gli errori sistematici della IMU (GPS+INS) o per realizzare un cambiamento di datum, per la regolazione del blocco in forma rapida e robusta, o per usarli direttamente come georiferimento delle immagini. La decisione dipende dalle specifiche del prodotto cartografico che si desidera ottenere.

Per il progetto attuale si opta per la prima delle opzioni (introduzione dei parametri di orientamento esterno diretto e dei punti di appoggio in un calcolo di aerotriangolazione robusta per regolazione di fasci) allo scopo di assicurare la geometria e la precisione dei blocchi di immagini.

I componenti di base del sistema sono: l'unità di misura inerziale (INS), un GPS bifrequenza, un sistema di trattamento e immagazzinamento dei dati ed in fine un software di post-processazione.

La registrazione delle osservazioni del ricevitore GPS saranno effettuate con una frequenza pari ad 1Hz, mentre la frequenza delle osservazioni del sistema INS è di 200 Hz. In questo modo la traiettoria rimane sempre ben definita, visto che si hanno a disposizione dati di orientamento ogni 5 millesimi di secondo.

I parametri di orientamento esterno in post-processazione si ottengono tramite:

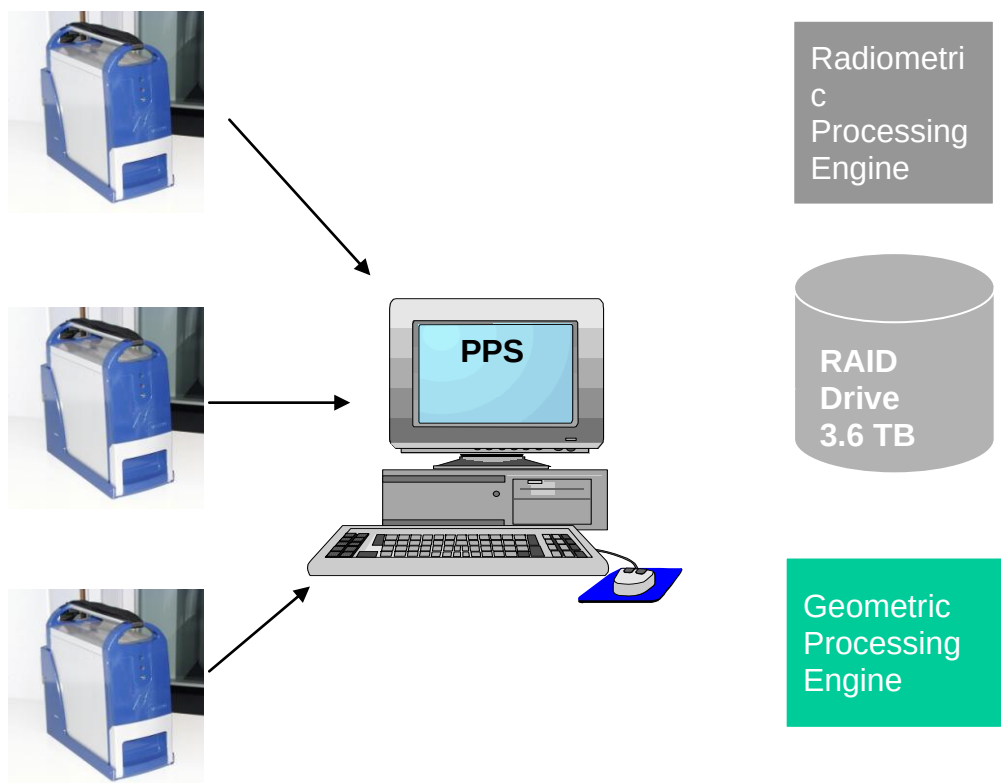
- Ottenimento della traiettoria GPS per tecniche differenziali, cioè, a partire dai dati del IMU e le osservazioni simultanee della stazione di riferimento, non situata a più di 50 km.
- Combinazione delle osservazioni di relazioni angolari e accelerazioni lineari con la traiettoria ottenuta anteriormente, generando così la stima della traiettoria attenuata.
- Fase di interpolazione della traiettoria ottenuta anteriormente con i parametri di orientazione esterna nel momento esatto della ripresa.

I parametri angolari di orientamento esterno di ciascun fotogramma, saranno caratterizzati da e.q.m. non superiore a 0.005 gradi sessadecimali per ω , ϕ e non superiore a 0.008 gradi sessadecimali per K .

Il complesso delle attrezzature fotogrammetriche , camera de presa e sistema IMU, sarà sottoposto a calibrazione prima e dopo la esecuzione.

5.4.2 POST – PROCESSO DELLE IMMAGINI

I moduli dei quattro sensori pancromatici (di 7k x4k pixel) sono orientati verso la scena di ripresa, con un leggero angolo di inclinazione, dando luogo ad una rappresentazione d'insieme ad "ali di farfalla". Tra le quattro immagini esistono zone di sovrapposizione che si utilizzeranno per la rettificazione, e ottenimento dell'immagine finale di prospettiva conica di 13865x7680 pixel



REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 37 di 68
---	--

Nella successiva fasi di post-processazione dei dati le immagini acquisite in volo, vengono normalizzate, corrette e rese esportabili nei formati e caratteristiche richieste, nella successione sinteticamente sotto riportata:

Correzione radiometrica: Consiste nella correzione dei pixel difettosi e nella successiva equalizzazione dell'istogramma delle frequenze, bilanciando il contrasto dell'immagine.

Correzione geometrica: Consiste nella correzione delle distorsioni delle immagini di ciascun sensore ottico e la correzione tra il centro geometrico e il centro ottico di ciascun CCD .In questa fase si conseguono le immagini chiamate di livello 1.

Mosaicatura delle immagini semplici pancromatiche per formare l'immagine virtuale. Appoggiandosi sulla ricerca di punti omologhi nelle quattro immagini , si ottiene (assemblandole) l' immagine virtuale pancromatica, che viene sottoposta ad un successivo processo di correzione radiometrica che bilancia il contrasto e la luminosità delle quattro sub-immagini di cui si compone. Al termine di tale fase di processamento, si ottiene l'immagine di livello 1A .

Ottenimento delle immagini a colori per composizione. Si combinano i canali multispettrali con il pancromatico (che è il canale che proporziona la geometria) per ottenere le immagini finali in RGB CIR ecc. immagine di livello 1B.

Generazione di overviews⁴. Consiste nella generazione della struttura di immagini piramidali che sarà impiegata nel processo di fotogrammetria digitale.

Per ultimo, le immagini di livello 2 .Si ottengono applicando alle immagini di livello 1B, i parametri di orientamento esterno ottenuti per georeferenziazione diretta.

Preliminarmente al processamento radiometrico e geometrico delle immagini, si selezionano le immagini caratteristiche della zona sorvolata per ottenere la curva ottimale di lavoro. Così si ottiene un archivio LUT per ogni tipo di immagine (RGB; CIR;PAN). Con questi valori si realizza la compensazione di tutto l'archivio delle immagini.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-IOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 38 di 68
--	--

5.5 LIDAR

5.5.1 CARATTERISTICHE DEL SENSORE LIDAR

LiDAR	Caratteristiche Tecniche
Sensore LiDAR	N°1 Leica ALS60: Serial Number 6115 N°1 Leica ALS50-II: Serial Number 48
Frequenza massima d'impulso	300.000 Hz con MpiA attivato
Frequenza massima di scansione	90 Hz
N° Ritorni (echo)	Registrazione di 4 ritorni (1°, 2°, 3°, e ultimo)
Altitudine	Altitudine tra 200 m e 6.000 m da Piano Campagna
Angolo di scansione	Field Of View (FOV) variabile: 10° – 75 °
Intensità	Cattura delle intensità, una per eco
Multi Pulse Air	l'emissione dei fasci laser avviene costantemente e non è condizionata dall'attesa del ritorno dei singoli fasci per poterne emettere uno nuovo



Installazione a bordo dell'aereomobile del sensore LIDAR e del sistema di controllo

5.5.2 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL VOLO

Il laser scanning è basato sulla scansione del territorio sorvolato da un aereo o da un elicottero utilizzando un telemetro laser, che determina la distanza fra il punto di emissione A, materializzato dal telemetro stesso in modo virtuale a bordo dell'aeromobile, e il punto di riflessione B, che rappresenta il generico punto appartenente al terreno e colpito dal laser.

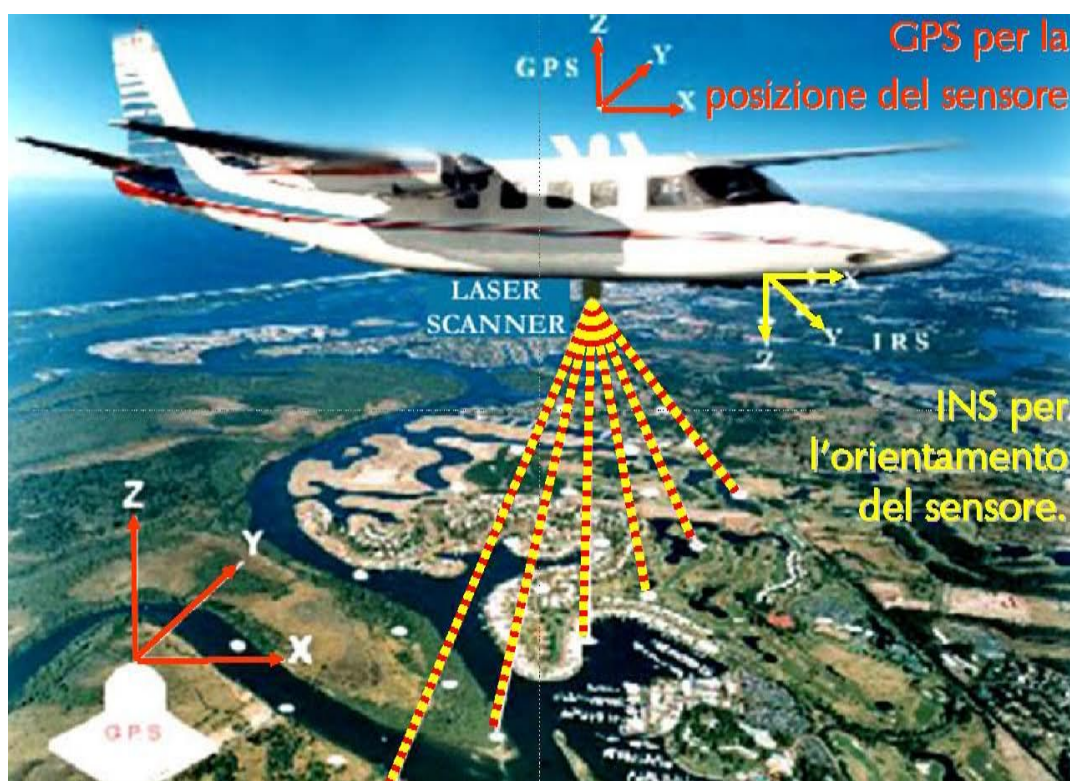
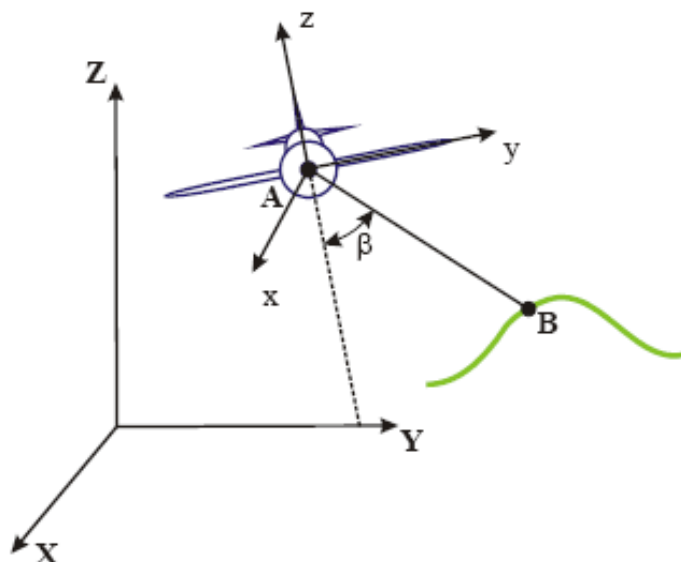
REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESE

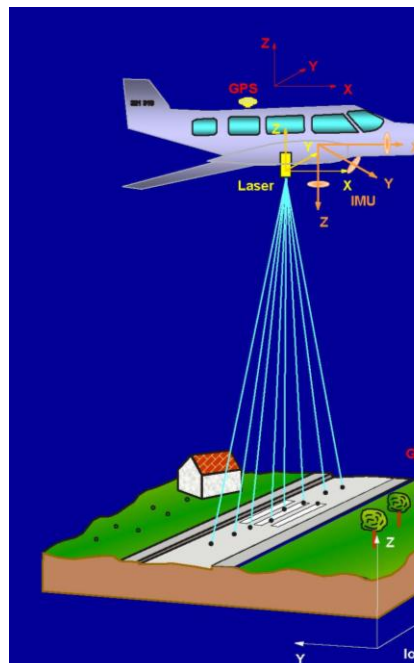
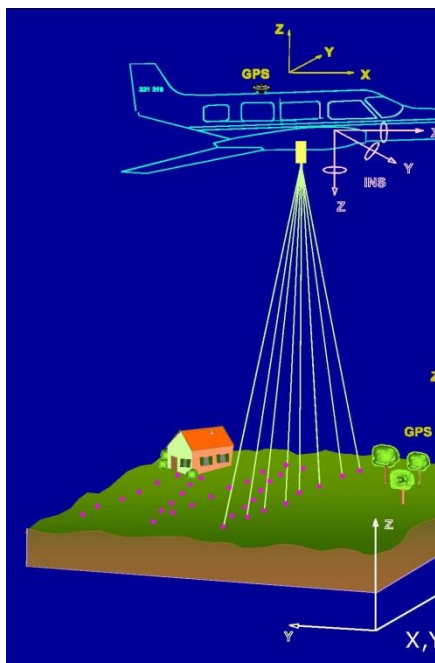
Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar

Realzione_pianificazione_volo

Data: Luglio 2012

Pag. 39 di 68





Il telemetro misura il tempo Δt impiegato dall'impulso laser a percorrere il percorso di andata e ritorno. Esso opera mediante un generatore di frequenza, che può essere pensato come una sorta di metronomo che scandisce con rintocchi regolari il fluire del tempo; la distanza LAB fra A e B è una semplice funzione del tempo di volo Δt

$$L_{AB} = \frac{\Delta t}{2} c$$

dove c rappresenta la velocità di propagazione del segnale, che in questo caso è la velocità della luce ($c = 3 \cdot 10^8$ m/sec). Il fatto che il tempo sia misurato in modo discreto, cioè come somma di una quantità intera di brevissimi intervalli, implica che anche la distanza sia misurata in modo discreto, come somma di una quantità intera di brevissime distanze elementari. La risoluzione in tempo δt , cioè il più breve intervallo di tempo misurabile, dipende dalla frequenza f del generatore,

$$\delta t = \frac{1}{f}$$

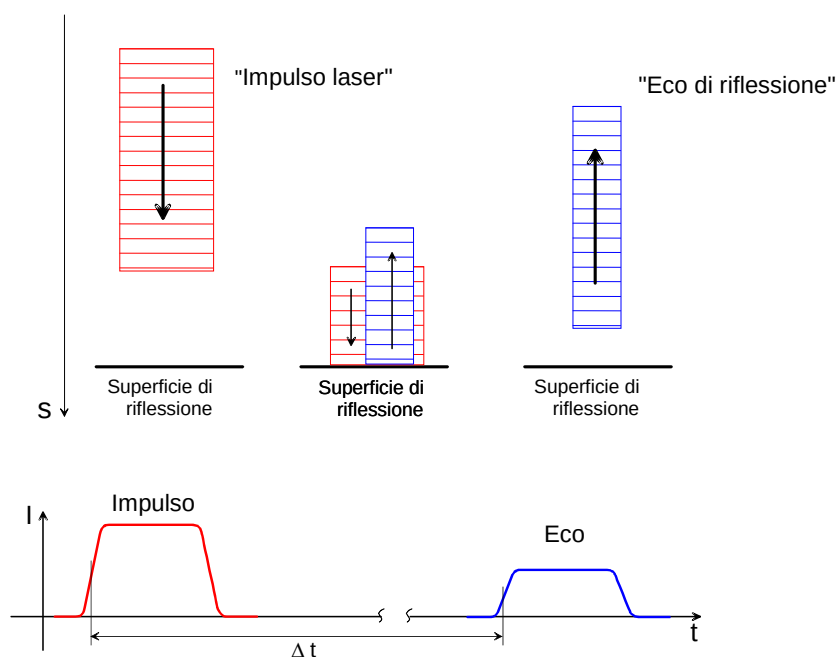
mentre la risoluzione in distanza è data da

$$\delta L = \frac{\delta t}{2} c$$

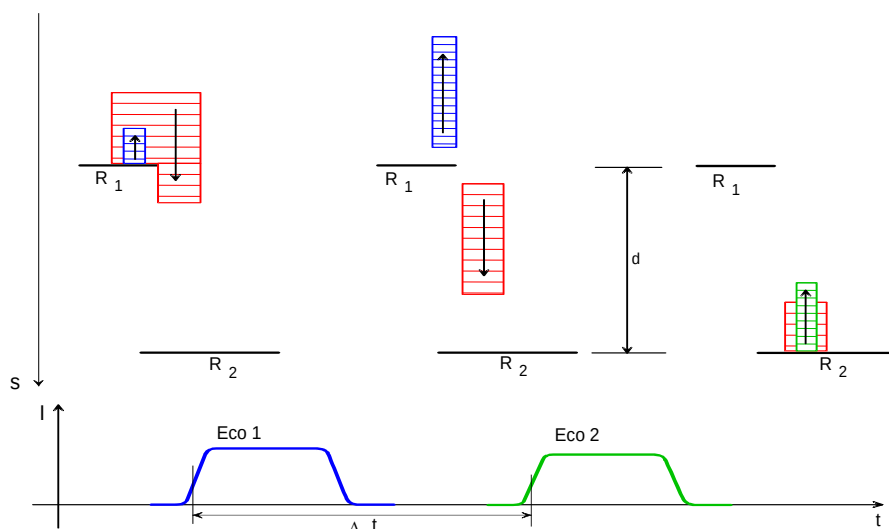
Quindi nel caso la frequenza del generatore fosse di 5 Ghz (il metronomo batte 5 miliardi di volte al secondo) e la risoluzione in tempo è $2 \cdot 10^{-10}$ (2 decimiliardesimi di secondo); ciò implica di conseguenza la risoluzione in distanza è di 3 cm. La risoluzione in distanza, quindi, non è la più piccola

Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar

distanza misurabile, ma è più corretto pensarla come la più piccola variazione di lunghezza che si riesce a distinguere: a due punti le cui distanze dal telemetro differiscono meno di δL , questo assocerà la stessa distanza.



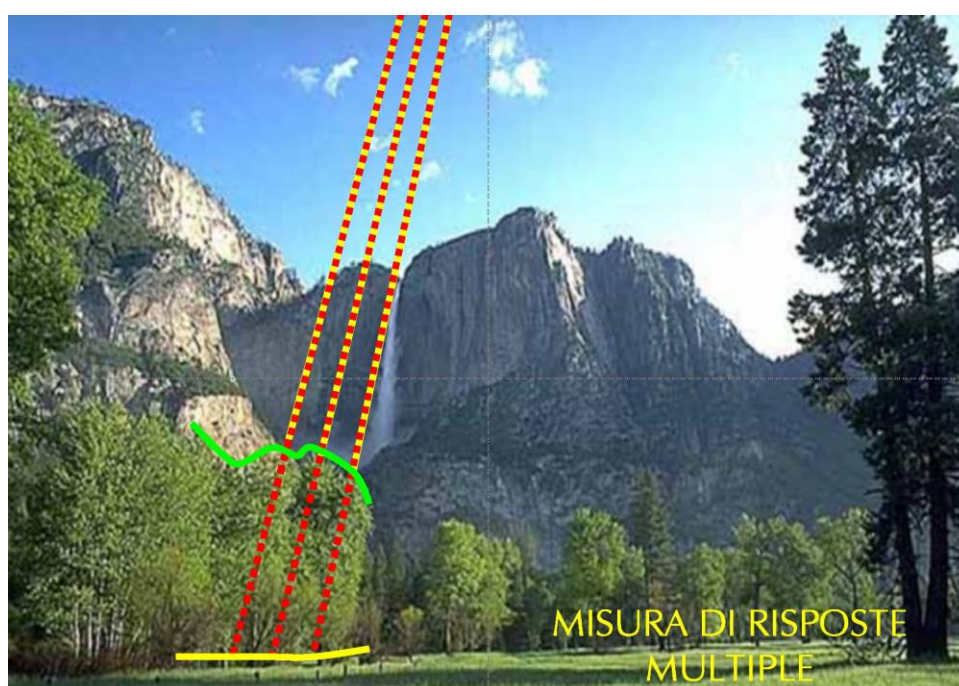
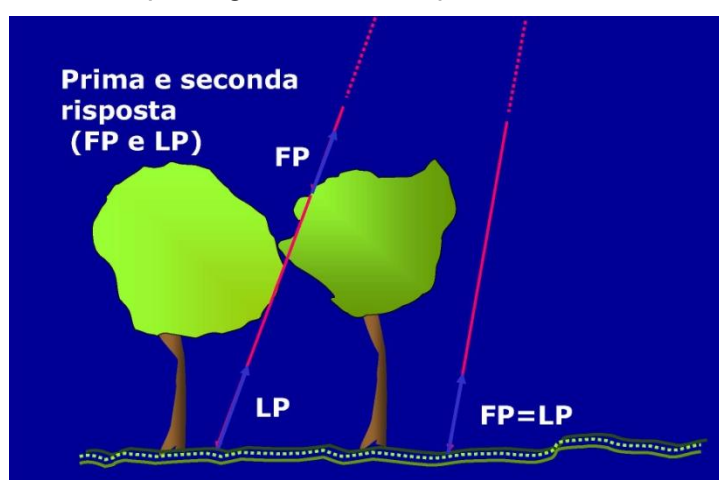
Se l'elemento riflettente è minore dell'ampiezza del raggio laser, parte della luce si propaga con maggior profondità e si riflette con un tempo più lungo se la distanza tra due elementi è troppo piccola, le eco sono troppo vicine e quindi i due elementi saranno individuati ed acquisiti come un unico oggetto.



La dimensione finita dei raggi provoca anche la formazione di echi multipli in quanto, se consideriamo proprio il caso di piccoli oggetti, una parte dell'energia emessa dal laser verrà riflessa da questi, mentre un'altra parte proseguirà per

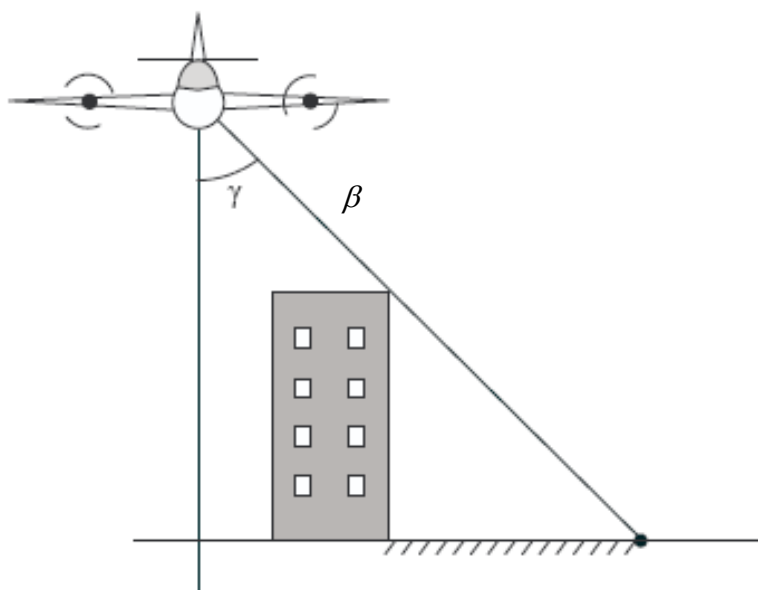
essere poi riflessa dal terreno. Il primo eco captato è detto “first pulse”, mentre l’ultimo è detto “last pulse”. Il modo in cui vengono gestiti gli echi multipli, differenzia i vari strumenti disponibili sul mercato. Il sensore LIDAR - ALS50, in nostro possesso, anche se può rilevare fino a 4 echi, ne memorizzerà sempre almeno 2, con predilezione e scelta del primo e l’ultimo.

Il rilevamento di piccoli oggetti sfrutterà certamente il “first pulse”, così come le riprese effettuate per dimensionare le chiome degli alberi. Scansioni effettuate per generare il DTM privilegeranno il “last pulse”.

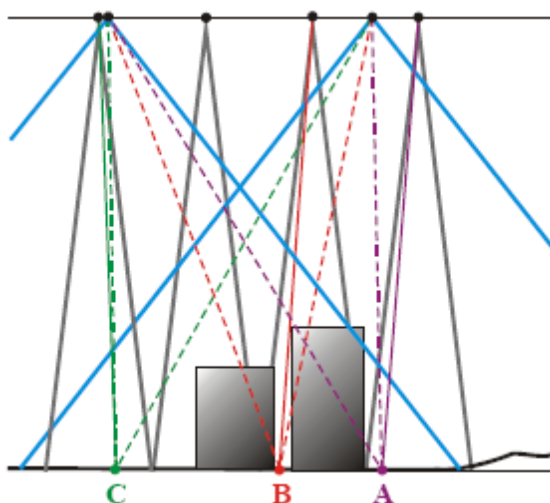


Un altro parametro di cui non sempre si colgono tutte le implicazioni è l’angolo di apertura, cioè la semi-ampiezza angolare β della scansione effettuata dal laser;

al crescere di questo angolo cresce, ovviamente, la larghezza delle strisciate e dunque la produttività. Purtroppo però aumentano anche le ostruzioni prospettiche, come la figura seguente dimostra: a parità di altre condizioni, l'estensione della zona irraggiungibile per il raggio laser, evidenziata da una barbettatura, cresce con l'angolo β .

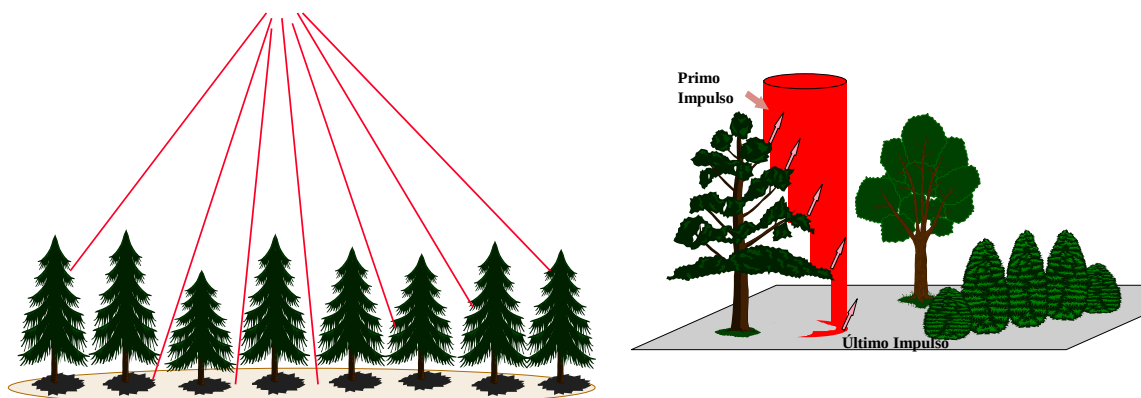


Il laser scanning ha la capacità di sfruttare i varchi, anche piccoli, per raggiungere il terreno, cosa che gli riesce meglio rispetto alla fotogrammetria, sia nelle zone densamente edificate sia sui territori fittamente vegetati. Questa peculiarità è legata a due caratteristiche: la monoscopia e la quasi nadiralità.



Il laser scanning è una tecnica monoscopica, cioè è sufficiente che un solo raggio raggiunga un certo punto del terreno per quotarlo, mentre le misure

fotogrammetriche richiedono che un punto del territorio sia visibile in due fotogrammi, cosa davvero poco probabile sull'edificato denso e sui boschi. Inoltre gli strumenti per laser scanning hanno angoli di scansione molto minori degli angoli di apertura di una camera fotogrammetrica dunque effettuano prese vicine alla nadiralità. Ciò consente loro, come detto, di sfruttare al meglio i varchi esistenti.



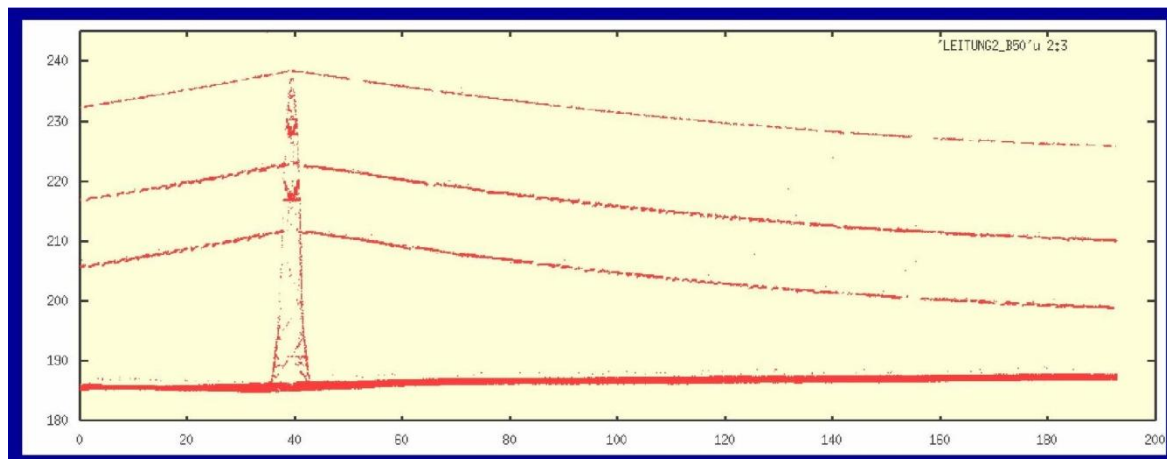
Con ampi angoli β di acquisizione, i fasci di raggi laser vengono trattenuti dalla copertura vegetale. Pertanto risulta impossibile generare un Modello Digitale del Terreno sulla copertura forestale, in quanto non si dispongono di informazioni relative al suolo stesso. Per questo motivo, angoli di acquisizione stretti β sono più adeguati per zone con una copertura vegetale fitta.

Si sente talvolta dire che il laser scanning buca la vegetazione. Si tratta di un'esagerazione, alimentata dal fatto che esso ha effettivamente una buona capacità di sfruttare i varchi esistenti, per la sua natura monoscopica e la quasi nadiralità. A questi bisogna aggiungere che, per la dimensione finita dell'impronta a terra, si può dire che lo scanner laser esplori quasi in continuo le chiome degli alberi e questo gli assicura buone possibilità di trovare e sfruttare le aperture esistenti.

Con angoli stretti e alta frequenza dell'impulso, si garantisce che fasci di raggi che raggiungono il terreno, possano attraversare la copertura vegetativa ed, inoltre, migliorano la acquisizione di oggetti piccoli come nel caso di linee elettriche, dove si acquisiscono oggetti con dimensioni centimetriche

Infatti fra le caratteristiche più notevoli del laser scanning, vi è che l'impronta a terra dei raggi emessi ha volutamente una dimensione non trascurabile, che può variare dalla decina di centimetri al paio di metri. Ciò consente di riprendere ad esempio gli elettrodotti ed avere una buona probabilità di colpire i cavi: le applicazioni di questo tipo vanno sotto il nome "corridor mapping".

Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar



E'ovvio che deve essere sempre rispettata una condizione di non ambiguità: cioè, prima che il raggio (i+1)-esimo sia emesso, è necessario che tutti gli echi del raggio i-esimo siano tornati al sensore. Se f è la frequenza di emissione dei

segnali, ciò equivale a dire che il tempo di andata e ritorno, $2\frac{h}{c}$, sia minore del

periodo $T = \frac{1}{f}$ cioè :

$$\frac{2h}{c} < \frac{1}{f} \Rightarrow h < \frac{c}{2f} \Rightarrow f < \frac{c}{2h}$$

Quindi esiste un vincolo che lega la frequenza massima e l'altezza massima.

All'aumentare delle frequenze si abbassa la quota di volo ed aumenta la densità dei punti.

Il limite, comunque, a queste variazioni è sempre dato dalla condizione di non ambiguità.

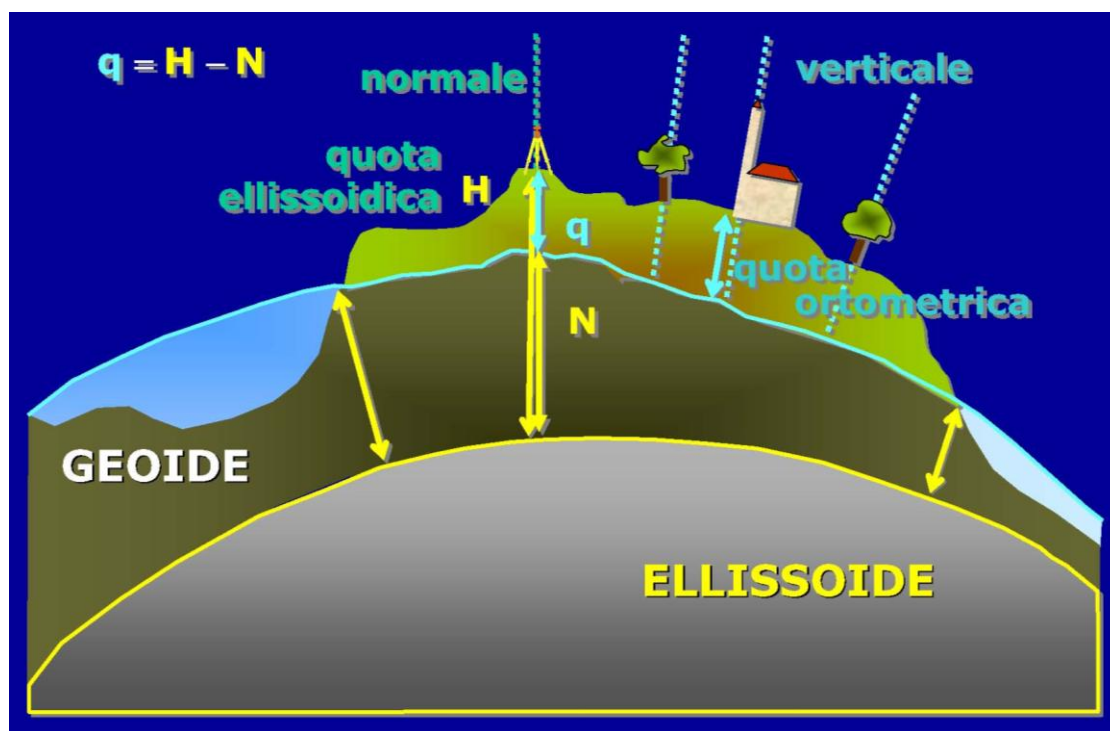
Pianificazione, Cattura dei dati e loro Post-processazione

Le fasi di lavoro per l'ottenimento di un DSM e di un DTM da dati laser consta delle seguenti fasi, come prima già elencato:

- Studio della morfologia dell'area;
- Pianificazione del volo e appoggio GPS a terra;
- Acquisizione dati Lidar;
- Post-processazione dei dati LIDAR con generazione del Modello Digitale del Terreno;
- Controllo di qualità;
- Produzione dei dati di consegna.

che di seguito si analizzano puntualmente

Studio della morfologia dell'area



Pianificazione del volo ed acquisizione dati

Nella pianificazione del volo, si terrà come obiettivo primario non solo il conseguimento di quanto richiesto dal capitolato speciale di appalto in termini di precisioni ma un loro sostanziale miglioramento.

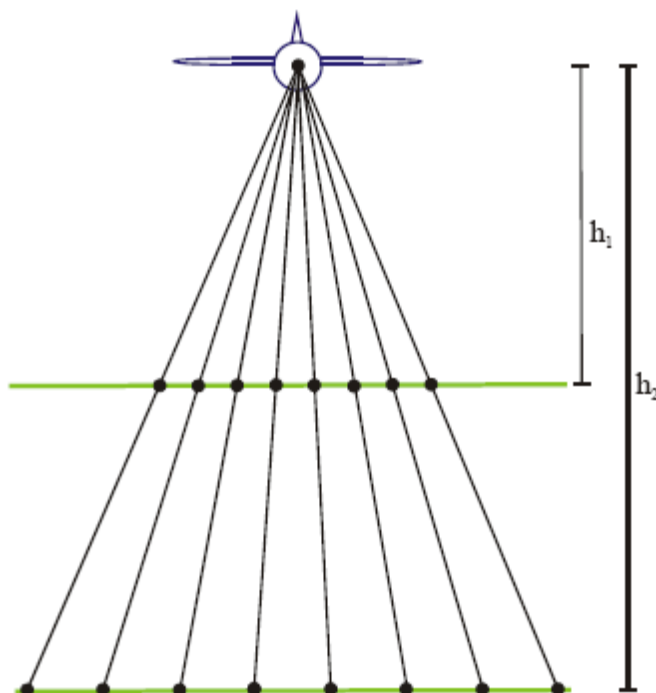
È importante avere in considerazione la maglia di punti e le precisioni richiesti per il DTM di livello 4:

- Planimetria dei punti quotati ed elementi linari +/-0.3m,
- In quota: +/-0.3m con un errore sistematico <0.15m

Per eseguire la rilevazione LIDAR si stima che, in prima analisi, la quota di volo possa essere di circa 2.500 metri dal suolo. L'intero territorio provinciale sarà suddiviso in aree morfologicamente omogenee, individuate in fase di pianificazione, e dall'analisi delle caratteristiche di ognuna di esse si fisseranno la densità dei punti, che non sarà mai inferiore a quanto richiesto nel capitolato, e la quota di volo che potrà variare rispetto a quella di riferimento prevalentemente in riduzione nelle zone di interesse primario.

Il tutto sempre riferito al massimo della produttività

Al crescere dell'altezza di volo cresce, a parità di altre condizioni, la larghezza della scansione, cioè la produttività. Vi è anche un altro beneficio, cioè la diminuzione delle ostruzioni prospettiche.



Purtroppo l'aumento dell'altezza di volo ha anche grandi svantaggi in quanto la densità dei punti e la precisione con cui vengono misurati diminuiscono in proporzione. e le quote maggiori impongono frequenze di emissione minori, a causa della condizione di non ambiguità.

Un altro parametro che consente di aumentare la produttività è l'angolo di apertura. Purtroppo anche in questo caso vi sono seri svantaggi se si superano certi valori: la precisione di misura diminuisce ed aumentano le ostruzioni prospettiche.

Quindi la scelta dei parametri operativi impone una perfetta conoscenza delle potenzialità strumentali e del territorio sul quale si opera.

Acquisizione dei dati

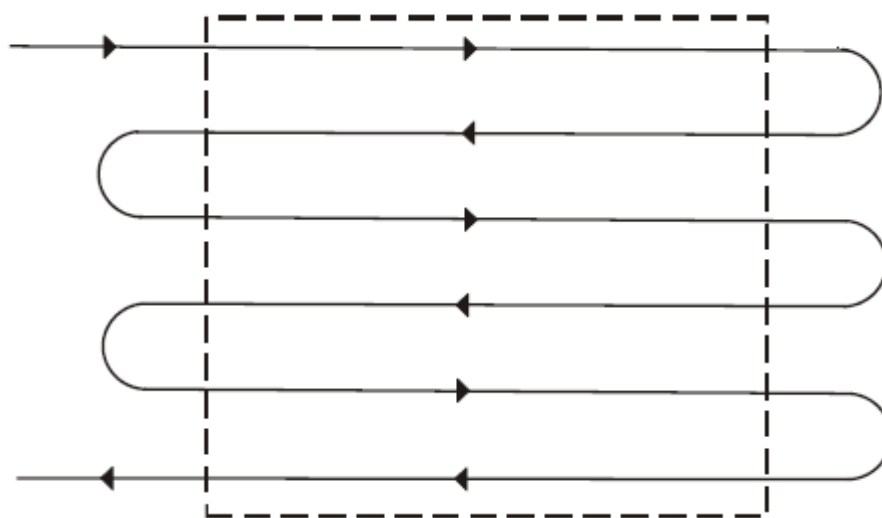
Dopo l'installazione dei sensori sull'aeromobile verrà eseguita la calibrazione. I tre sensori, GPS, IMU e telemetro materializzano in realtà altrettanti sistemi di riferimento indipendenti ed è necessario pertanto conoscere i parametri delle rototraslazioni spaziali che li legano, in modo da ricondurre le misure fatte dai singoli sensori a un unico sistema di riferimento.

Questa è una fase molto delicata la cui non corretta esecuzione provoca la presenza di errori sistematici nei dati finali. Se per esempio la differenza di altezza fra il centro del telemetro e il centro dell'antenna GPS è stata misurata con un errore di 50 cm, le altezze di tutti i punti misurati dallo scanner saranno

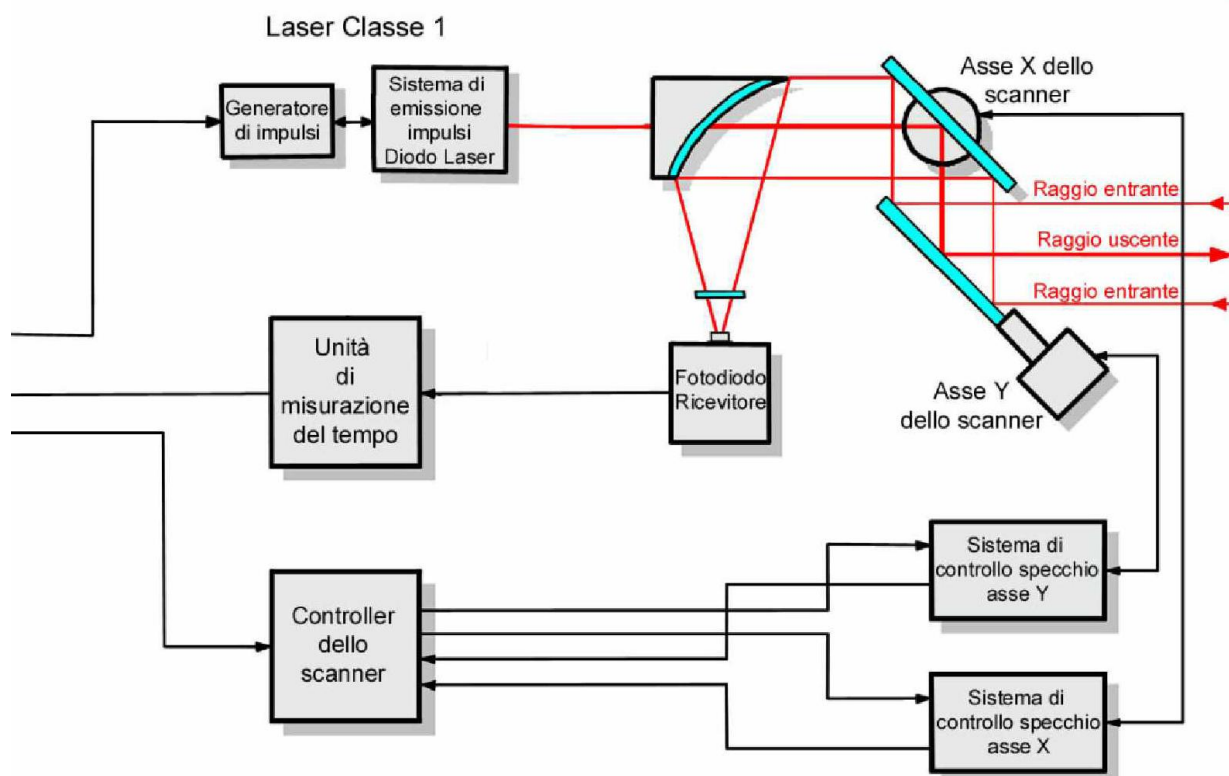
sbagliate della stessa quantità. La particolare tipologia costruttiva del sensore ALS50 semplifica notevolmente tale fase.

La fase successiva sarà l'allineamento di tutte le componenti coinvolte nel processo di acquisizione. In questa fase tutti i componenti del "sistema" LIDAR vengono accesi ed acquisiscono mentre l'aeromobile è fermo sulla pista. In questo modo si determinano la posizione e l'assetto iniziali.

Durante il volo l'aeromobile acquisisce tutto il territorio da rilevare mediante strisciate,



Il sistema laser installato sull'aereo, emette in fase di acquisizione, dei fasci di raggi laser infrarossi ad alta frequenza, mentre lo scanner registra la differenza di tempo tra la emissione dell'impulso e il suo ritorno dovuto dalla riflessione del corpo colpito. Nel caso in esame essendo il sensore ALS-50 un "sistema a specchi", monta uno specchio rotante di fronte al laser che emette il fascio di raggi con una ampiezza angolare predeterminata.



I vari sensori, GPS, IMU, telemetro, ed la camera digitale fotogrammetrica installata in parallelo con il sensore, acquisiscono i loro dati in modo indipendente, ma associano a ogni loro misura una etichetta temporale secondo una scala comune, quella data dal GPS: solo così sarà possibile sincronizzare le varie misure, una volta finito il volo. I sensori operano dunque indipendentemente, ma comunicano fra di loro tramite i vari apparati elettronici di servizio.

Alla fine del volo i dati prodotti dal IMU e dai GPS di bordo e di terra vengono anzitutto integrati da un software basato essenzialmente sul filtro di Kalman, che calcola posizione e assetto dell'aereo in ogni istante del volo. Si tratta della fase più delicata di tutto il trattamento dei dati e la qualità complessiva dei dati finali dipende specialmente dalla qualità con cui è stato ricostruito l'orientamento esterno (posizione più assetto) del sensore laser .

Il software che si utilizzerà per la combinazione dei dati GPS-IMU per l'ottenimento della traiettoria compensata del volo, sarà il POSPAC Air 4.4 di Applanix. file pdf POSPac_Air_Brochure.

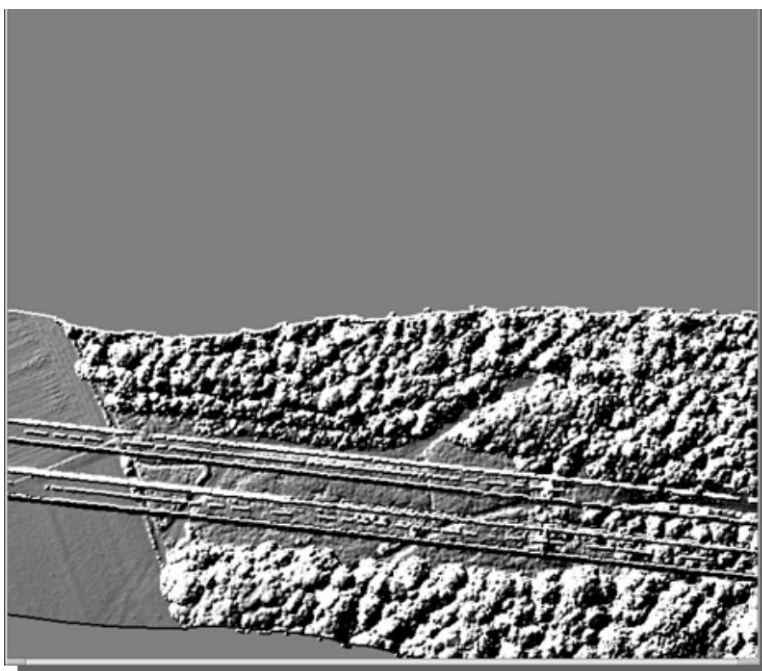
Il numero e la lunghezza dei "cycle-slips" (interruzione del segnale) del GPS possono condizionare fortemente i risultati, così come la distanza fra le due stazioni GPS.

Una volta calcolato l'orientamento esterno del sensore come funzione del tempo, la combinazione di questa informazione con le misure di distanza effettuate dal telemetro consente di calcolare la coordinate tridimensionali di tutti i punti colpiti:

si tratta di un seminato di punti sparsi, che viene normalmente chiamato raw-data.

Post processazione dei dati e generazione del modello digitale di superficie e del terreno

La post-processazione dei dati acquisiti in fase di volo e a terra dai ricevitori GPS, è in prevalenza un procedimento di depurazione dai dati impropri acquisiti. Questo processo avviene mediante l'impiego di filtri informatici che permetteranno di assegnare le misure eseguite a classi di dati omogenee (es.:vegetazione, opere in elevazione come linee elettriche, dati terreno, ecc.) : così da poter poi determinare con correttezza la superficie che si intende rappresentare (Modello Digitale del Terreno, Modello Digitale di Superficie, Linee elettriche, Copertura arborea, ecc.)



La post-processazione verrà eseguita con il software proprietario ALS-Postprocesor della LEICA, software a corredo del sensore che I.C.E. - G.E.I.E. intende impiegare nel progetto, dal quale si otterrà una “nuvola” di punti oltre alle informazioni di intensità ad essi associate.

La successiva classificazione dei dati ottenuti dal processo precedente, verrà eseguita con il software TerraScan di Terrasolid mentre la generazione del Modello Digitale del Terreno verrà eseguita con il software TerraModeler sempre della TerraSolid dei quali segue una breve descrizione:

Terrascan è una soluzione software dedicata al trattamento dei dati provenienti da scansioni laser. Esso può gestire facilmente nuvole di punti costituite da milioni di entità attraverso opportuno routine ottimizzate per ridurre i tempi di

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 51 di 68
---	--

lavoro. E' dotato, inoltre, di applicativi specifici e versatili utili per individuare linee di trasmissione, piani di inondazione, aree di foresta, strade, o per la modellazione urbana.

L'applicazione legge i punti da un file di testo o binario contenente le coordinate XYZ ed è possibile:

- vedere tridimensionalmente i punti catturati
- definire per i punti acquisiti le classi opportune come : suolo, vegetazione, edifici o fili
- classificare i punti
- Classificare i punti utilizzando routine automatiche
- Classificare interattivamente gli oggetti 3D come le torri
- Cancellare punti non necessari o erroneamente acquisiti con l'ausilio di aree poligonali
- Digitalizzare agganciandosi ai punti laser acquisiti
- Individuazione di linee elettriche e profili di edifici
- Esportare immagini raster dei modelli di elevazione
- Esportare le classificazioni dei punti con file di testo

TerraModeler rende possibile con estrema facilità e precisione, la modellizzazione di superfici 3D, la creazione di TIN (Triangulated Irregular Network), curve di livello, shaded surface, griglie e sezioni del territorio indagato

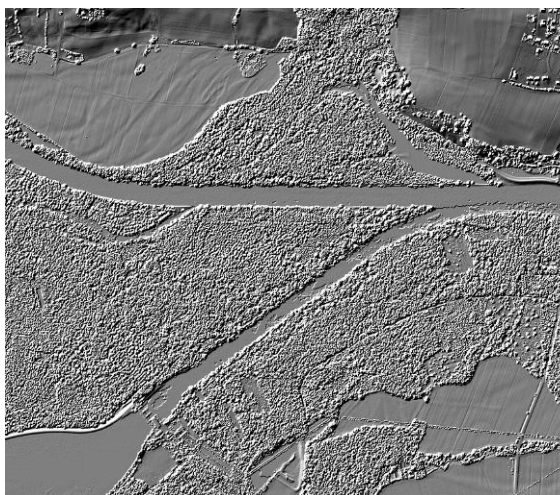
- può gestire un gran numero di differenti superfici nello stesso file di disegno
- è possibile editare le superfici interattivamente aggiungendo, cancellando o spostando i punti.
- è possibile tracciare breaklines e aggiungere nuovi elementi al modello
- è possibile utilizzare un modello di superfici come aiuto al disegno
- è possibile posizionare elementi nello spazio 3D sulla superfici del modello ed utilizzarli per tagliare la superficie stessa
- il generatore di profili include tools separati per disegnare sezioni di vista 3D

- è possibile visualizzare un modello di superficie con un contour a colori o toni di grigio

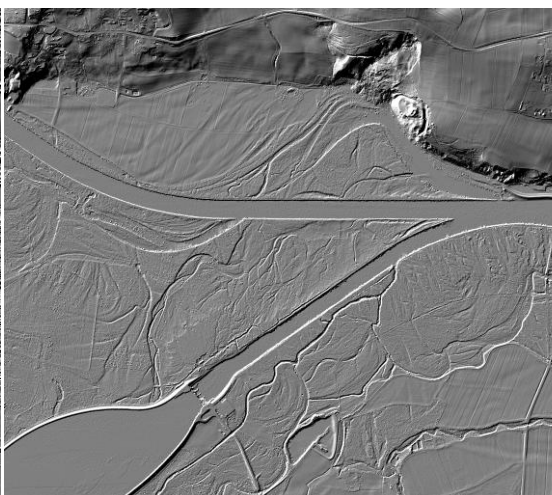
Nelle zone urbane e per quelle extraurbane, il metodo di lavoro è simile, salvo nella parametrizzazione dell'algoritmo di classificazione dei dati terreno che deve tener conto della diversità dell'edificato.

Quello che si andrà a determinare a seguito del trattamento dei dati sinteticamente sopradescritto sarà:

- Modello Digitale di Superficie (DSM)
- Modello Digitale del Terreno (DTM)



Modello Digitale di Superficie, dalla cattura del primo
eco



Modello Digitale del Terreno, dalla cattura dell'ultimo
eco

A partire dalla depurazione dei dati della maglia ottenuta , si può procedere ad aggregazioni finalizzate ad ottenere diversi livelli informativi della superficie terrestre, quali per esempio:

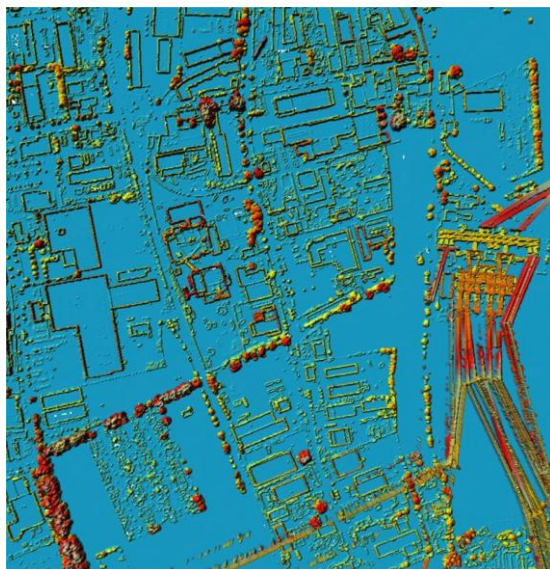
REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE

Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar

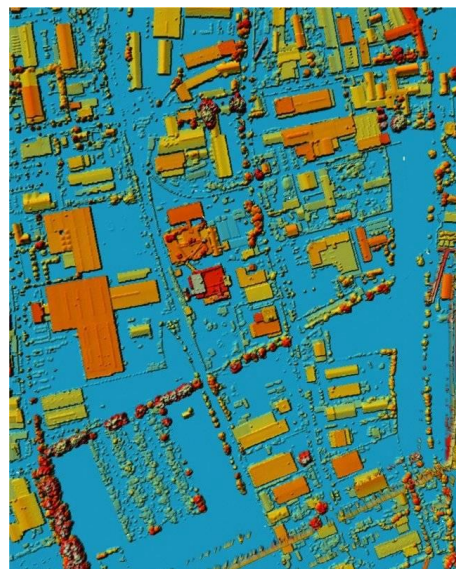
Realzione_pianificazione_volo

Data: Luglio 2012

Pag. 53 di 68



DSM primo eco – DSM ultimo eco



DTM primo eco – DTM ultimo eco

dove si può notare che nel primo esempio si è determinato il tematismo della copertura arborea, mentre nel secondo a questa si è aggiunto l'edificato.

Nello stesso modo, analizzando i risultati di intensità che avremo raccolto dell'eco dell'ultimo impulso, potremo ottenere la mappa delle intensità degli elementi che ci permetteranno successivamente una migliore classificazione dei dati.



Il prodotto finale, DSM / DTM, risulterà comunque uniforme e conforme a quanto richiesto in capitolato.

Tutti i risultati richiesti dal capitolato speciale di appalto saranno ottenuti sempre attraverso il software TerraScan

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE
SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI
ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI
STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE
MINORI COMPRESSE

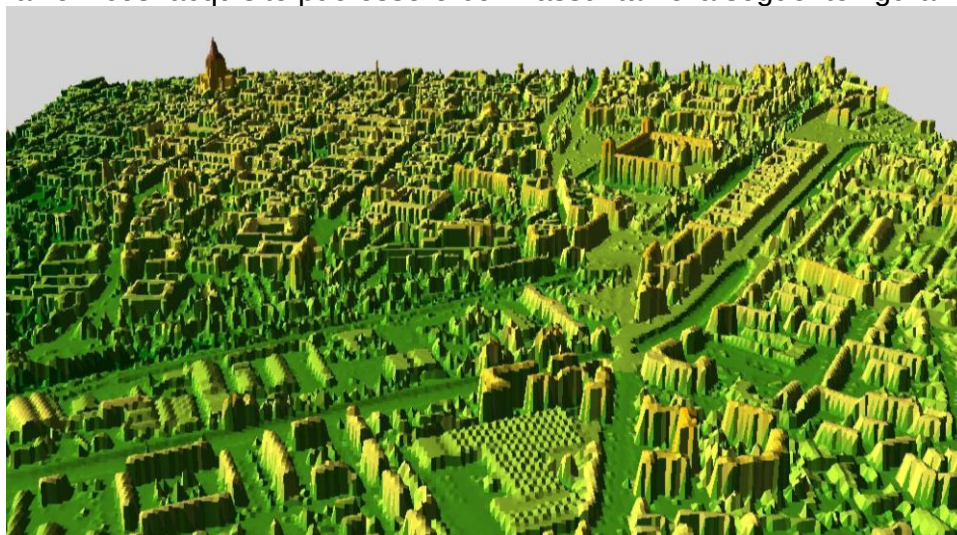
**Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo
fotogrammetrico e lidar**

Realzione_pianificazione
_volo

Data: Luglio 2012

Pag. 54 di 68

Una rappresentazione tridimensionale esemplificativa della tipologia di informazioni così acquisite può essere ben riassunta nella seguente figura:



REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 55 di 68
---	--

6. LOGISTICA

Di seguito si descrive la metodologia che si intende porre in atto per tutti gli aspetti logistici connessi all'esecuzione del progetto di volo fotogrammetrico e lidar.

6.1 AEROPORTO DI BASE

Si individua l'aeroporto in funzione di due ordini di motivi principali:

- Prossimità alla zona di lavoro;
- Servizi di assistenza ai velivoli e all'equipaggio il più adeguato possibile anche in considerazione delle ore di volo necessarie.

Qui, sulla scorta di un esame contestuale con le varie autorità di tutti gli aeroporti presenti sul territorio regionale Siciliano, si è ritenuto opportuno individuare in Catania, la base operativa.

6.2 INFORMAZIONI METEOROLOGICHE

La meteorologia essendo fattore condizionante primario, sarà costantemente seguita attraverso il sito web della Aeronautica Militare Italiana (www.meteoam.it), nonché ogni sito locale e le stazioni meteo aeroportuali, nonché il METAR (che riassume nel codice aeronautico lo stato meteorologico in tempo reale –TAFOR).

Tutti i dati ottenuti saranno analizzati giornalmente, al fine di pianificare le operazioni di volo in funzione del verificarsi delle ottimali condizioni meteo. Tale ricezione ed analisi delle informazioni sarà oggetto di un report che sarà fornito alla committenza.

6.3 PROCEDURE PRELIMINARI PER LA QUALITA'

Giornalmente e preliminarmente all'inizio delle operazioni, gli equipaggi, sulla scorta delle previsioni meteo, al fine di assicurare lo svolgimento ottimale delle riprese, metteranno in atto tutte le procedure utili che di seguito si possono riassumere :

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-IOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 56 di 68
--	--

- Si studierà il piano di volo giornaliero,in funzione delle condizioni meteo e delle priorità di avanzamento dei lavori;
- Prima dell'inizio delle operazioni di volo, giornalmente, si procederà al controllo del perfetto funzionamento di tutti gli apparati e sensori di ripresa;
- Durante lo svolgimento di tutte le operazioni di ripresa,il pilota attraverso il sistema di navigazione (ASMS),in tempo reale,attraverso un monitor dedicato posizionato tra i comandi di pilotaggio, ha evidenza degli scostamenti di rotta eseguita rispetto alla pianificazione di progetto, cosicché può correggere costantemente e in casi estremi al verificarsi di scostamenti fuori tolleranza, ripetere immediatamente la strisciata,nel ripspetto della pianificazione.
- Per sua parte,l'operatore dei sensori di ripresa (DMC LIDAR) sempre attraverso sistemi di controllo appositi (telecamera e visore) verifica in tempo reale l'effettiva esecuzione delle riprese e del verificarsi di eventi pregiudizievoli quali eventi puntuali o locali meteorologici (nubi isolate, zone di foschia o di fumo), o malfunzionamenti dei sensori stessi. Questo permette di intervenire in tempo reale con ogni decisione ed iniziativa correttiva sino al decidere di ripetere intere strisciate.
- Giornalmente,al termine delle operazioni di volo e di scarico dei dati acquisiti dai sensori,l'equipaggio provvederà a verificare l'esatta correttezza della esecuzione delle operazioni, dando evidenza in un report, e con immagini di risoluzione bassa (quicklook) che corrispondono ai fotogrammi presiche, provvederà a trasmettere al capo progetto affinché possa quando lo ritenga necessario,porre in essere ogni intervento correttivo.

6.4 FLUSSO DELLE INFORMAZIONI TRA EQUIPAGGI E CENTRO DI POST-PROCESSAMENTO

Per tutto lo svolgimento di tutto il progetto, in considerazione della notevole mole di dati acquisiti e delle considerevoli operazioni di post processamento e di controllo dei dati, si prevede, per la corretta esecuzione di tutto il progetto, il seguente flusso di lavoro così sintetizzato:

- Giornalmente, il coordinatore degli equipaggi, al termine di tutte le operazioni provvederà ad aggiornare la unità operativa a terra, al fine

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 57 di 68
---	--

di avere il costante aggiornamento sull'avanzamento dei lavori e così a pianificare le priorità esecutive successive;.

- Invierà altresì le informazioni generali sulle operazioni svolte nel giorno:
 - Base di dati con la informazione sui fotogrammi eseguiti, con identificazione per ciascuno della strisciata di appartenenza e la sua numerazione progressiva, coordinate XYZ approx. data, ora, che permetteranno l'aggiornamento costante del grafico di volo dell'eseguito;
 - Report sulla meteorologia verificatasi;
 - Report del volo in cui verranno annotate tutte le strisciate e fotogrammi eseguiti e delle eventuali anomalie verificatesi e degli eventuali correttivi messi in essere o proposti;
 - Immagini di risoluzione bassa (quicklook)
- Sotto il profilo esecutivo, la quantità ridondante di unità di memorizzazione dei vari sensori che si impiegheranno, permetterà di gestire in assoluta sicurezza operativa il flusso degli stessi tra gli equipaggi e la unità produttiva a terra per il processamento, ubicata fuori dal territorio regionale.

6.5 REPORTS PER LA DIREZIONE DEI LAVORO

Settimanale un rapporto sarà trasmesso al senso degli impianti che raccoglieranno del lavoro fatto durante la settimana. Questo le informazioni conterranno:

- 1) Sommario: il numero di fotogrammi, numero di strisciate, ha riguardato la superficie, incidenze trovate (climatologia, limitazioni del volo, ecc.), stato di avanzamento del lavoro
- 2) Repporto metereologia
- 3) Repporto di volo.
- 4) Grafici del volo: il giornale e di dichiara di avanzamento del lavoro

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 58 di 68
---	--

7. CONTROLLO DI QUALITÀ.

Il controllo di qualità consisterà, in primo analisi, nel pianificare correttamente tutte le fasi di lavoro ed, in seguito, nel verificare che tutti sia stato realizzato nel rispetto delle condizioni tecniche offerte e richieste.

Maggiore attenzione sarà posta nel:

- Visualizzare il piano di volo dopo la sua realizzazione, operando un controllo dettagliato delle coordinate e verificandone la congruenza con quanto offerto e/o richiesto.
- Verificare il montaggio della camera, delle connessioni dei cavi, ecc prima di di iniziare qualsiasi fase di volo.
- Verificare che tutte le informazioni acquisite dall'equipaggio dopo ogni volo siano debitamente archiviate e rintracciabili sotto la dicitura "Dati di Volo"
- Verificare la qualità dei dati grezzi (raw data) delle immagini acquisite.
- Verificare che il grafico di volo di progetto, in termini di assi di strisciate e loro e distribuzione si adegui in modo congruo alla realtà territoriale.
- Verificare che la geometria del volo, sia sempre archiviata e rintracciabile sotto la voce : "Geometria del volo"
- Verificare la qualità dei prodotti fotografici.
- Verificare i dati corrispondenti ai centri di proiezione GPS:
- Verificare che le stazioni terrestri di riferimento siano sempre poste ad una distanza di 100 Km dell'area da fotografare.
- Verificare che sempre siano attivati ricevitori GPS doppia frequenza.
- Determinare l'eccentricità dell'antenna GPS.
- Verificare i calcoli delle coordinate dei centri di proiezione.

7.1 CONTROLLO DI QUALITÀ DELLA PIANIFICAZIONE

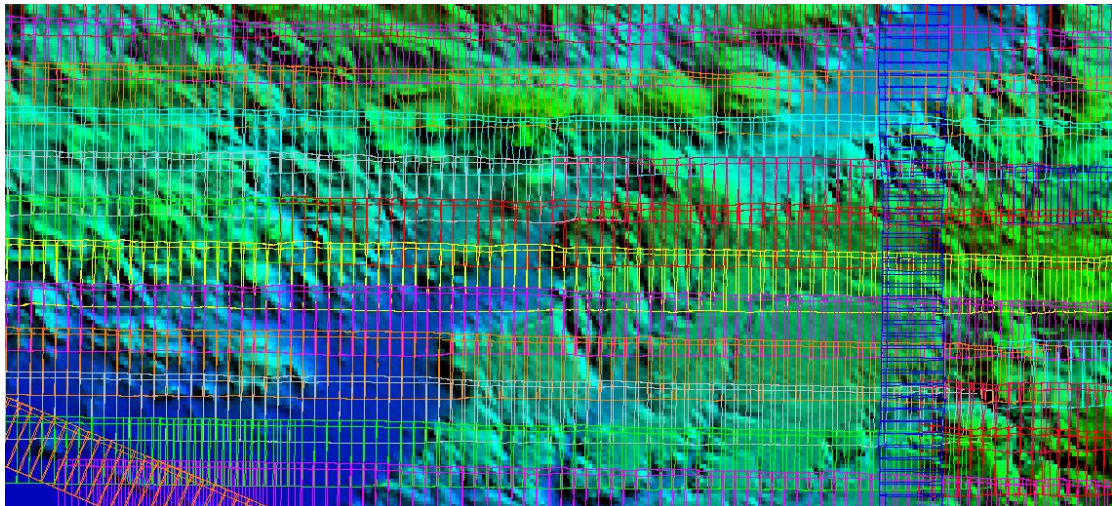
Lo stesso sw impiegato per la pianificazione, permette un controllo di qualità della stessa, proiettandola su di un DTM di opportuna definizione, al fine di verificare la

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 59 di 68
---	--

geometria per ogni singolo fotogramma. Il risultato è una base di dati numerica dalla quale si evidenziano sinteticamente:

- Quota di volo calcolata per l'intera strisciata (altezza media calcolata per l'insieme della strisciata);
- Il rango di quote di volo entro cui si deve riprendere ciascun fotogramma così da rispettare i parametri di progetto;
- Il rango di quote del DTM impiegato comprese nel perimetro del fotogramma analizzato;
- Ricoprimenti longitudinale e trasversale risultanti dalla esecuzione alla quota di progetto;
- Il rango di scale del fotogramma risultanti dalla esecuzione alla quota di progetto.

La base di dati risultante dal controllo di qualità sopra descritto è supportata da una uscita grafica in formato DWG dal quale si può analizzare anche visivamente quanto evidenziato analiticamente.



REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 60 di 68
---	--

7.2 CONTROLLO DI QUALITÀ A LA ESECUSIONE DEL VOLO FOTOGRAMMETRICO.

7.2.1 CONTROLLO DI QUALITÀ GEOMETRICO

Il controllo di qualità della geometria del volo eseguito si realizzerà con le stesse modalità applicate nella pianificazione, con la differenza che i risultati produrranno la individuazione di eventuali errori esecutivi, fornendo quindi anche di conseguenza indicazioni per la loro correzione..

Sulla banca dati si realizzerà il seguente controllo di qualità:

Partendo dalle coordinate x e y, e dall'altitudine di volo dell'aereo, si otterranno oltre alla scala media di ogni fotogramma, le sovrapposizioni longitudinali e trasversali. Da questa prima verifica analitica, si otterrà la copertura longitudinale e trasversale per tutta la copertura aerofotogrammetrica eseguita, con evidenziate eventuali zone non coperte stereoscopicamente o prive di copertura fotografica.

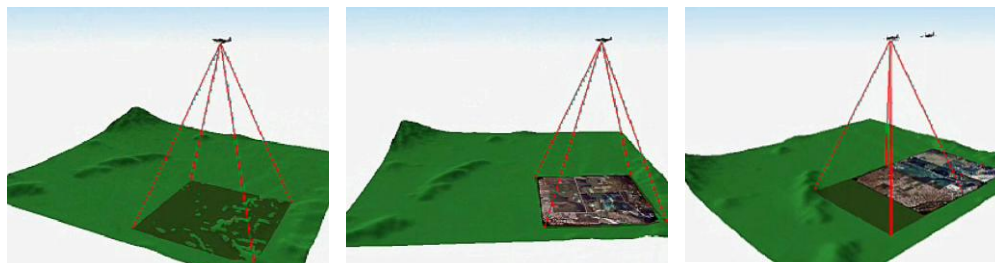
Le tabelle delle aereofotografie conterranno:

- Gli identificativi delle numerazioni di strisciata e di fotogramma,
- La quota minima, massima e media del territorio
- Scala minima, massima e media corrispondente
- Ricoprimento longitudinale con la aerofoto successiva (della stessa strisciata)
- Ricoprimento trasversale massimo e identificativo della foto con la quale si realizza (strisciata di appartenenza e numero del fotogramma).

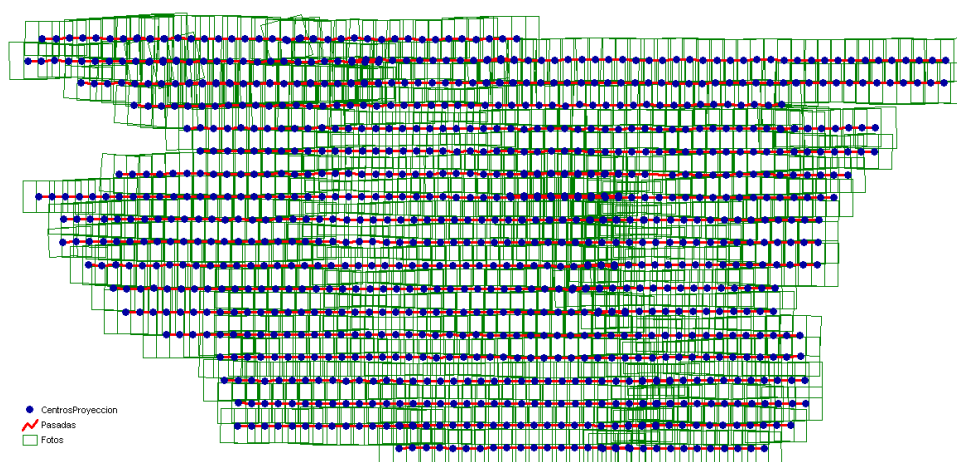
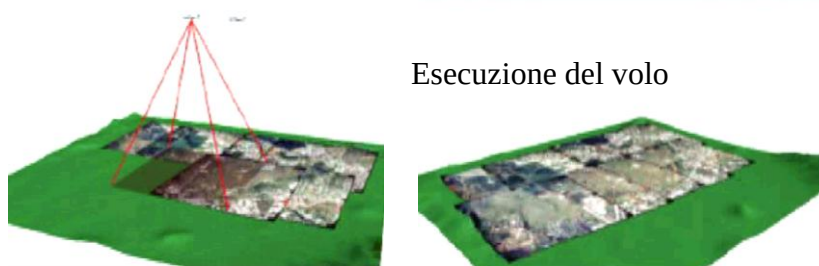
REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE

Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar

Realzione_pianificazione
_volo
Data: Luglio 2012
Pag. 61 di 68

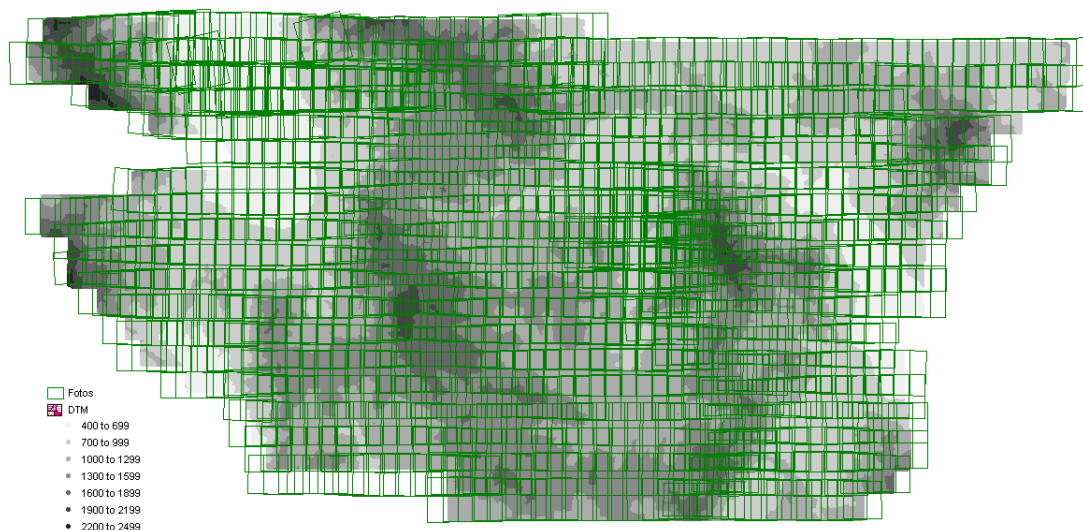


Esecuzione del volo



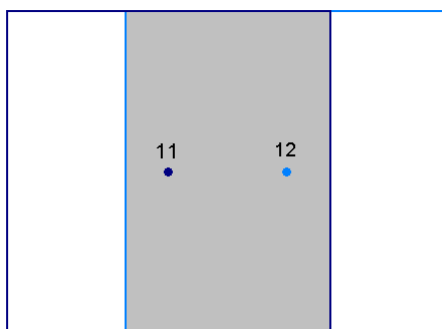
Schema di un fotoindice con i centri di presa

A partire dai dati relativi ai centri di proiezione, e della traiettoria, si calcolerà la posizione georeferita dell'area coperta da ciascuna aerofoto. Per ciascuna aerofoto, si desumerà dal DTM appositamente realizzato, la quota minima, massima e media, dell'area territoriale corrispondente. Con i dati sopraindicati, si calcolerà la scala minima, massima e media per ciascun fotogramma, e si ricalcolerà l'area effettivamente coperta dalla scala media della stessa aerofoto.



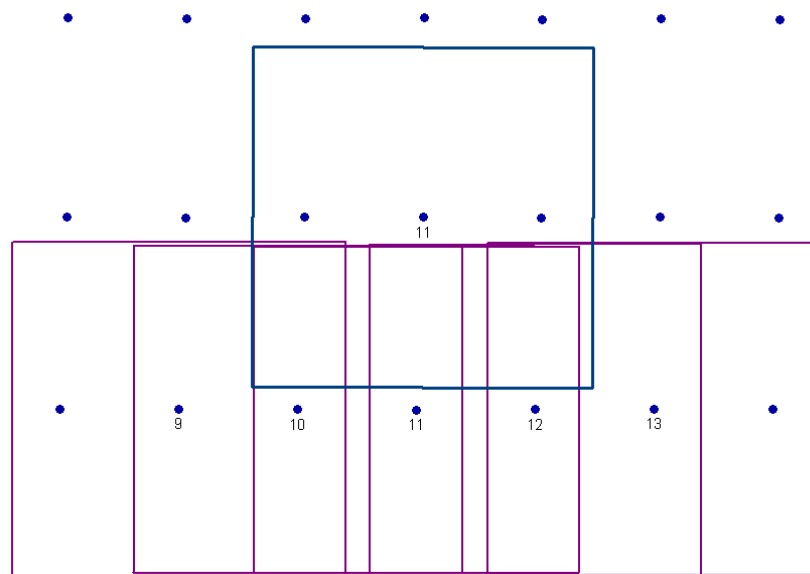
Schema di un fotoindice su base DTM

Il ricoprimento longitudinale, si determinerà con la foto seguente, sempre per l'area di copertura comune, in riferimento alla scala media calcolata.



Il ricoprimento trasversale, si calcolerà, invece, come area massima comune tra le foto della strisciata analizzata e le foto della strisciata inferiore. Si aggiungerà come dato identificativo, il numero della passata e della aerofoto che presenta il massimo ricoprimento trasversale.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 63 di 68
---	--



La precisione relativa richiesta per la determinazione dei centri di proiezione è stabilita tramite $\text{sqm} \leq 15 \text{ cm (X,Y,Z)}$.

Le variazioni degli elementi di orientamento angolare fra fotogrammi consecutivi, nonché i valori assoluti degli angoli di orientamento ω , ϕ e k dei singoli fotogrammi non devono superare i 5 gradi centesimali;

Precisione centri proiezione

7.2.2 VALIDAZIONE DELLE RIPRESE AFG:

- In nessun punto si presenterà soluzione di continuità nella copertura stereoscopica.
- Nel caso di ripetizione della ripresa aerea nelle zone dove non presentassero i requisiti richiesti, le strisciate integrative saranno iniziate e finite (con la stessa camera) con almeno 4 fotogrammi (3 modelli) prima e dopo la parte da ripetere.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 64 di 68
---	--

- Si validerà il volo di ripresa di ciascun blocco, quando nel 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. Per una strisciata di bordo di un blocco non risulteranno indeterminati più di cinque fotogrammi consecutivi e più del 30 % delle posizioni.
- Si effettueranno le operazioni di appoggio a terra necessarie per la integrazioni dei dati mancanti (determinazione dei centri di presa per sapce resection)
- Per ottenere un adeguato irrigidimento dei blocchi, si faranno 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.

7.2.3 CONTROLLO DI QUALITÀ RADIOMETRICO

Si realizzerà un controllo di qualità della radiometria di tutte le immagini costituenti la copertura AFG, in particolare si controllerà:

- 5) Il bilanciamento del colore e mosaicatura. Nella esecuzione della prima stesura della mosaicatura si verificherà il bilanciamento del colore tra tutte le immagini al fine di assicurare continuità cromatica.
- 6) L'istogramma e bilanciamento del colore per ciascun elemento di ortofoto. Si utilizzerà il sw. proprio P-CID. Questo programma permette verificare la qualità radiometrica di una immagine mediante l'analisi dell'istogramma:
 - Livelli di saturazione;
 - Bilanciamento del colore;
 - Numero dei livelli digitali
 - Grado di luminosità e di contrasto.

L'uso del sw. P-CID permette di conoscere in forma rapida e agile se per esempio una immagine ha un grado di luminosità e di contrasto adeguati. Permette altresì individuare immagini con radiometria non corretta da correggere opportunamente, come altresì la correttezza dei livelli di saturazione. .

P-CID genera uscite tanto grafiche (istogrammi) che numeriche (base di dati) che saranno oggetto di consegna a richiesta e nelle forme concordate con la Direzione dei Lavori.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 65 di 68
---	--

7.3 CONTROLLO DI QUALITÀ SULLA ESECUZIONE DEL VOLO LIDAR.

Per il controllo di qualità dei dati LIDAR, si procederà preliminarmente ad individuare una area test morfologicamente rappresentativa del territorio regionale, per verificare la attendibilità dei parametri di calibrazione del sensore Lidar impiegato..

Quest'area sarà coperta per le zone prive di copertura arborea o vegetativa da una semina di punti quota determinati con tecnica GPS (con quota al suolo).

Si procederà a selezionare almeno due aree significative morfologicamente:

- zona pianeggiante;
- zona montuosa;

Una volta determinati i suddetti punti quota, questi verranno comparati con i dati Lidar acquisiti. Dal confronto tra le differenze di quota, scaturirà una comparazione statistica volta ad assicurare che lo s.q.m. (scarto quadratico medio (1σ)) altimetrico non sia maggiore di ± 0.15 m.

Per questa fase preliminare si utilizzerà la funzione di controllo di qualità compresa nel software TerraScan che permette di comparare i dati determinati in campagna con misure dirette e i corrispondenti determinati con sensore LIDAR.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 66 di 68
---	--

8. PRODOTTI E DOCUMENTI DELLA CONSEGNA

In base a quanto prescritto nel capitolato, si consegneranno:

Pianificazione dei voli

- Grafici in formato Shp e DXF dei punti principali e l'impronta dei fotogrammi.
- Files di testo con la informazione inerente gli assi di volo, i fotogrammi, le coordinate dei punti principali ecc.
- Relazione tecnica contenente la documentazione completa e l'esplicitazione delle operazioni svolte, le varie fasi esecutive nonché i seguenti allegati:
- copia certificati di taratura delle camere da presa redatti in data non anteriore a due anni dalla esecuzione delle riprese;

Stampa dei fotogrammi

- Di ogni fotogramma sarà stampata una copia in carta fotografica satinata in formato A4 secondo un modello che sarà consegnato lavori dal Direttore del Servizio dove saranno indicate le seguenti informazioni base:
- Denominazione e Proprietà del volo
- Ditta che realizza il volo
- risoluzione pixel in unità terreno
- Strisciata
- Foglio/i al 50.000 interessati
- Foglio/i al 10.000 interessati
- N° foto
- Data e ora della ripresa
- Scala media fotogramma

Grafici di volo

- I grafici di volo risultanti e definitivi dovranno contenere le seguenti informazioni secondo strati informativi (formato Shapefile o dxf):
- Centri di Presa, associati alla banca dati del volo con il numero del fotogramma corrispondente (000302 specifiche contenuto vers.1.0 febbraio 2010)

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 67 di 68
---	--

- Assi di volo (000301)
- Impronta areale dei fotogrammi (000303) associati alla banca dati del volo con il suo numero di fotogramma corrispondente
- Plottaggio su supporto cartaceo dei grafici con fogli 1:50.000 ráster e file di plottaggio

Files GNSS di volo

- Files RINEX delle stazioni di riferimento GNSS e del ricevitore connesso alla camera da presa con il registro degli eventi e i risultati della compensazione, nonché il vettore di eccentricità dell'antenna del ricevitore rispetto alla camera da presa. tempo di osservazione intervallo massimo di un secondo.
- Files relativi alla compensazione della piattaforma girostabilizzata (GNSS/IMU)
- Schede monografiche anche in digitale delle stazioni GNSS fisse di terra utilizzate.

Fotogrammmi digitali a 8 bits:

- fotogrammi pixel 25 cm
 - Fotogrammmi a colori RGB (8 bits per Banda) alla massima risoluzione (dopo il "Pansharpening").
 - Fotogrammi all' infrarosso nella sua risoluzione originale (8 bits).
 - Fotogrammi pancromatici nella sua risoluzione originale (8 bits).
- fotogrammi pixel 14 cm
 - Fotogrammmi a colori RGB (8 bits per Banda) alla massima risoluzione.
 - Il formato di consegna sarà TIFF 6 base, senza compressione (no "tiled") o altro concordato con il Direttore del servizio in fase esecutiva, sentito il collaudatore.

Files TFW de georeferenziazione approssimata di ciascun fotogramma

- Per ogni foto verrà calcolato un file di georeferenziazione approssimata TFW basandosi sui dati GNSS di volo.
- Si georeferenzieranno solo i fotogrammi delle strisciate orizzontali.

REALIZZAZIONE DI RIPRESE AEREE DIGITALI STEREOSCOPICHE, ATTUALIZZAZIONE SPEDITIVA LAYER BASE CTR 1:10.000 , ATTUALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI ELEVAZIONE, GENERAZIONE DI ORTOFOTO PIXEL 25/15 CM E STRUTTURAZIONE DI ALCUNI STRATI SECONDO UN DB_TOPOGRAFICO SU TERRITORIO DELLA REGIONE SICILIANA-ISOLE MINORI COMPRESSE Relazione Tecnico Illustrativa del progetto e pianificazione del volo fotogrammetrico e lidar	Realzione_pianificazione_volo Data: Luglio 2012 Pag. 68 di 68
---	--

- La georeferenziazione sarà in coordinate UTM fuso 33 /WGS84 e coordinate Gauss_Boaga – Roma40.

Fotogrammi in formato ECW georiferito

- Di ogni fotogramma si consegnerà una versione, a piena risoluzione, compresso in formato ECW georiferito secondo il file TFW anteriore con ratio di compressione nominale di 1:10

Fotogrammi in formato jpg georiferito

- Si consegnerà ai fini del collaudo, una riduzione di ogni fotogramma in formato jpg compresso ricampionato ad $\frac{1}{4}$ sia in righe che colonne, associato alla banca dati del volo.

Banca Dati del volo

- Banca dati secondo le indicazioni e/o modelli che saranno consegnati dal Direttore del servizio, inserita nello strato informativo corrispondente.