

COMPARATIVE AERIAL TRIANGULATION RESULTS BETWEEN "SW PHOTOMOD" AND OTHERS SW PACKAGES

Vincenzo BARRILE (*), Filippo CAMPOLO (**), Salvatore TRINGALI (*)

(*) Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria – DIMET, barrile@ing.unirc.it, tringali@unirc.it

(**) Ingegnere Eurobit Reggio Calabria - gpsitaly@yahoo.it

Riassunto

Tipicamente, le istituzioni e le società specializzate nel settore della fotogrammetria utilizzano tutta una gamma di software di fama più o meno dichiarata. Nata da una collaborazione fra la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria e le società operanti nel settore del rilevamento, con riferimento alle attività di tirocinio didattico previste nei piani dei nuovi corsi di laurea, la presente nota si pone come obiettivo di confrontare i risultati restituiti da un set di programmi comunemente impiegati nell'industria italiana specializzata nel settore e il software Photomod. Nondimeno, l'articolo vuole fornire utili indicazioni ai soggetti coinvolti, per ragioni di molteplice natura, in quest'area di interesse.

Abstract

Photogrammetric companies and specialized organizations often use both common and not popular softwares in aerial photogrammetric activities. Just inspired by a concurrence between university and societies actually working in the field of remote sensing, with respect to training educational activities supported by the Faculty of Engineering at University "Mediterranea" of Reggio Calabria, this article aims to compare results coming from a main set of four softwares commonly employed in Italian industry and targeting potential Photomod users. Moreover it's intended to provide useful pointings to anybody acting in this area of interest.

Descrizione generale e software

Come solo pochi altri paesi del mondo, l'Italia possiede un immenso patrimonio archeologico, architettonico e monumentale, che abbraccia oltre duemila anni di storia dell'umanità. Quest'ampia varietà di risorse architettoniche e monumentali, come pure il gran numero di siti archeologici riportati alla luce dagli scavi già conclusi o ancora oggi in corso, creano in molti operatori e in un gran numero di istituzioni pubbliche un grande interesse nelle attività di ricostruzione storica, e ancor più di recupero e mantenimento. In una panoramica così ampia e variegata, le tecniche proprie della fotogrammetria classica stanno progressivamente cedendo il passo a nuove tecnologie (di carattere digitale) sviluppate per ottimizzare le attività di indagine e di archiviazione e accesso dei dati. In letteratura, sono già discussi molti casi di studio con lo scopo precipuo di verificare come i riscontri ottenuti siano in effetti largamente dipendenti dal software in adozione, al punto tale da produrre talvolta persino risultati fuori dai valori di tolleranza consentiti. In tal senso, si è deciso di svolgere un'indagine che coinvolge alcuni degli applicativi principali disponibili sul mercato italiano e internazionale. Il nostro lavoro mira pertanto ad analizzare in modo critico i risultati ottenuti da un punto di vista pratico. Detto in altri termini, il nostro lavoro non pretende di avere il carattere di una verifica scientifica, ma piuttosto è una sorta di review pensata per fornire la nostra opinione e i suggerimenti che derivano dalla nostra personale esperienza alle compagnie che già operano nel settore e che spesso si avvalgono di applicativi poco adatti (ad esempio, nel close range). Esistono in commercio molti pacchetti utilizzati in fotogrammetria digitale, e tutti includono un modulo di compensazione dei bundle block o un set di opzioni utili a implementare questa

operazione. Capita inoltre che molti programmi utilizzati nel close range siano pure adottati in fotogrammetria aerea. Per realizzare la nostra ricerca, abbiamo adottato le versioni più recenti di alcuni software forniti da compagnie esterne. Si tratta degli applicativi “Socet Set”, della LH-Systems; “Bluh”, dell’Hannover University; “Visual Giant”, della Elasoft e “Photomod” della Racurs. I nostri test puntano a verificare il grado di corrispondenza fra i risultati della triangolazione close range forniti dai software commerciali qui sopra menzionati, con riferimento ad un prefissato livello di tolleranza, che spazia in un range fra i millimetri e i centimetri.

Il test

I test sono stati eseguiti su due diversi soggetti: un altare e la facciata di una chiesa.



Fig.3 – Primo soggetto del test : altare d’oro di Sant’Ambrogio a Milano



Fig. 4 - Secondo soggetto del test : chiesa di San Benedetto a Catania

La scelta è stata suggerita dalla volontà di verificare l’accuratezza massima raggiungibile, in un range di pochi millimetri, attraverso l’analisi delle corrispondenze sui particolari, di cui i due soggetti indicati sono particolarmente ricchi. Poiché i test hanno richiesto una grande attenzione nelle misurazioni come pure un’elevata precisione nel calcolo dei control point e dei verification point, si è impiegato sul campo uno strumento ad altissimo grado di accuratezza: il teodolite Wild T3000 (0,1" angolare) con Distomat Di3002. L’errore di posizionamento dei control point è risultato così inferiore a 0,28 mm per l’altare e a 0,82 mm per la facciata della chiesa, in una visione a tre dimensioni. Nell’acquisizione delle immagini fotografiche, si è utilizzata una camera metrica della Zeiss, con un’emulsione giustapposta alla lente da 9 x 13 cm. La presa dei fotogrammi è stata orizzontale nel caso dell’altare, verticale in quello della chiesa.

La scansione delle immagini con una Vexcel Instrument Ultrascan 5000, a 5 micron, traccia un pixel di dimensione lineare 0,30 mm per l’altare ed 1 mm per la facciata della chiesa. I file delle immagini sono salvati in formato *.tif e poi impiegati nel processo di triangolazione senza alcuna compressione. Tutti i control point vengono marcati preliminarmente, e i punti di verifica sono fissati con riferimento ai particolari dei due soggetti. In entrambi i casi, sono state realizzate due strip di 4 frame ciascuna, per un totale di 6 modelli stereoscopici. Per ogni modello, si sono misurati 12 tie point e 5 control point, come mostrato in Fig. 5. Le basi dei fotogrammi sono parallele alla linea di base dei soggetti a meno di un errore di 0.42 mm; le distanze dal piano degli oggetti possiedono inoltre una precisione interna costante.

Block Compensazione

Il block compensazione è sostanzialmente una procedura automatizzata di correzione realizzata sulle coordinate fotogrammetriche dei tie point, sulle coordinate dei control point e su ogni altro dato rilevante al fine di ottenere una precisione maggiore nel matching delle immagini

fotogrammetriche. Tale correzione è resa necessaria dagli errori differenziali residui di cui sono affetti i dati per effetto delle misurazioni e delle procedure di cross-marking.

“Un block compensazione non è mai perfetto”. Se gli errori residui di compensazione eccedono i bound di tolleranza, è richiesto un grande sforzo intuitivo per individuare l’origine del problema a partire dai valori degli errori di deformazione. Dopo aver analizzato gli errori, un fotogrammetrista tornerà più e più volte a rivedere il point marking e il processo di misura, scartando o attribuendo un peso statistico ad alcuni punti successivamente riprocessati al fine di ottenere una migliore corrispondenza. Per ciascuno dei software testati, il bundle block adjustment restituisce i parametri di uscita del modello, comprese le coordinate (X,Y,Z) dei control point e dei tie point, gli errori residui delle misure originali e delle correzioni, nonché i parametri $(X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa)$, che definiscono la posizione e l’assetto di ciascun frame. Con questi parametri, ogni coppia di fotogrammi sovrapposti può essere impiegata per formare in modo automatico un modello stereoscopico degli oggetti, senza alcun bisogno di disporre di un orientamento interno o esterno. L’operatore può inoltre rimuovere un bundle e inserirne uno nuovo, eliminando la necessità di ricollocare ogni volta i punti fiduciali, i control point e i model point, e riducendo di conseguenza il rischio (altrimenti inevitabile) di errori. In relazione al test effettuato, si è creato innanzitutto un project per ogni software, tentando di usare gli stessi parametri nella fase di inizializzazione. Per ciascuno fase di lavoro, si ipotizza un opportuno peso per l’errore imputabile al rilievo, al processo di scansione o alla negligenza dell’operatore. Tutti i punti della triangolazione sono stati selezionati secondo le modalità descritte negli schemi delle figure 5, 6, 7, 8.

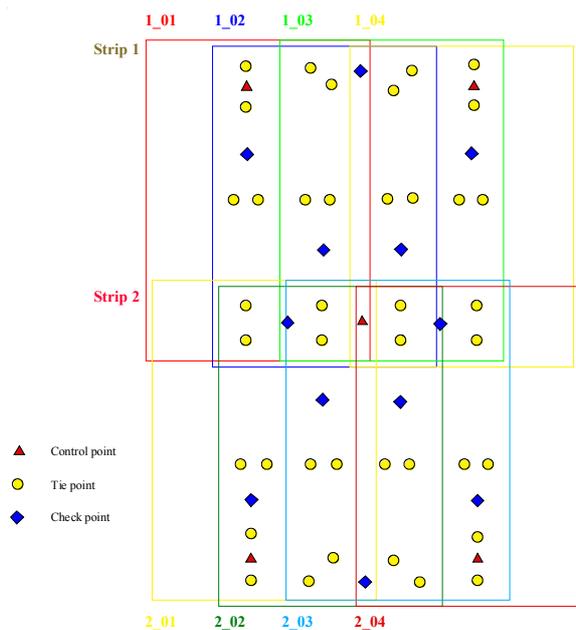


Fig. 5 – Grafico delle strip e dei punti misurati

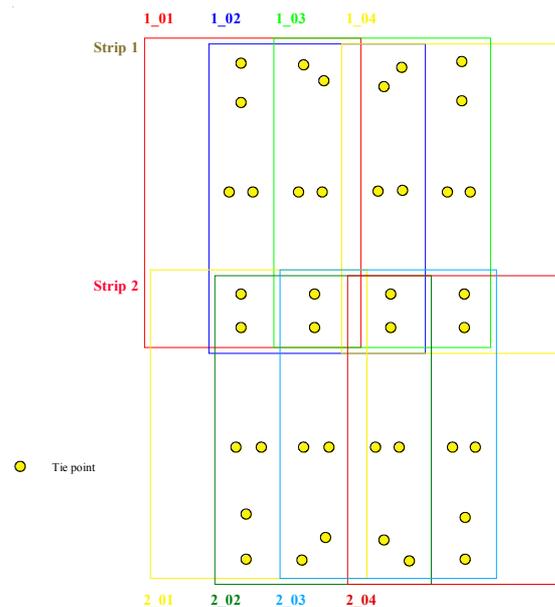


Fig. 6 – Grafico dei tie point misurati

Qui i cerchi rappresentano i tie point, i triangoli i control point e i rombi i check point all’interno dell’area di monitoraggio. Con riferimento ai tie point si valuta la correlazione, nelle stesse zone, per ciascuno dei software disponibili, con riferimento a un cerchio di 40 pixel.

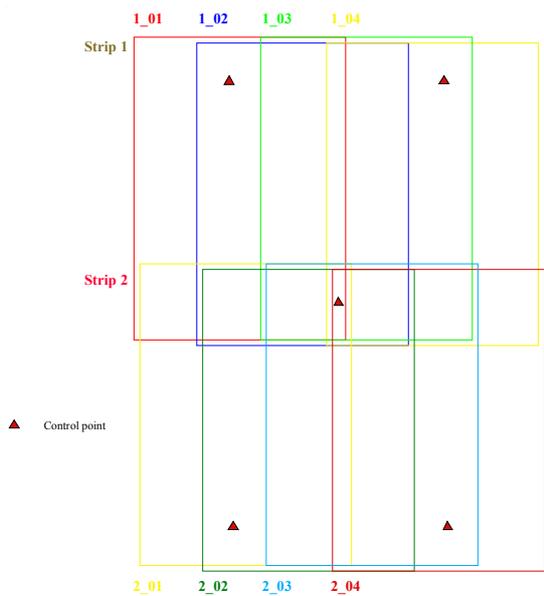


Fig. 7 – Grafico control point

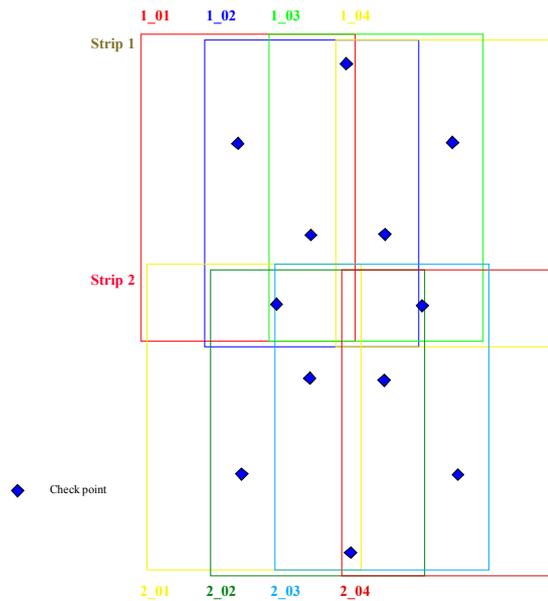


Fig. 8 – Grafico check point

I risultati globali di tutte le triangolazioni e i confronti effettuati sui dati così ottenuti vengono mostrati all'interno della tabella 1, qui di seguito riportata.

| Block accuracy evaluation using GCP's, RMS in mm | | | | | |
|--|------|-----------|------|--------------|----------|
| Subject | Axis | Socet Set | Bluh | Visual Giant | Photomod |
| Altar | XY | 0.18 | 0.14 | 0.19 | 0.17 |
| | Z | 0.25 | 0.19 | 0.26 | 0.24 |
| Church facade | XY | 0.72 | 0.63 | 0.70 | 0.73 |
| | Z | 0.83 | 0.74 | 0.81 | 0.81 |

Tab. 1 – Confronto globale dei risultati.

Le tabelle (2,3,4,5) forniscono ulteriori dettagli, utili per valutare le prestazioni di ciascun software:

| Socet Set | Block accuracy evaluation using GCP in mm | | | |
|---------------|---|------|------|---------|
| | Subject | Axis | Max | Average |
| Altar | XY | 0.29 | 0.15 | 0.18 |
| | Z | 0.40 | 0.18 | 0.25 |
| Church facade | XY | 0.93 | 0.64 | 0.72 |
| | Z | 1.05 | 0.72 | 0.83 |

Tab. 2 – Risultati in “Socet Set”

| Bluh | Block accuracy evaluation using GCP in mm | | | |
|---------------|---|------|------|---------|
| | Subject | Axis | Max | Average |
| Altar | XY | 0.24 | 0.12 | 0.14 |
| | Z | 0.35 | 0.15 | 0.19 |
| Church facade | XY | 0.82 | 0.60 | 0.63 |
| | Z | 0.93 | 0.68 | 0.74 |

Tab. 3 – Risultati in “Bluh”

| Visual Giant | | | | |
|--|------|-----|---------|-----|
| Block accuracy evolution using GCP in mm | | | | |
| Subject | Axis | Max | Average | RMS |
| Altar | XY | 031 | 014 | 019 |
| | Z | 042 | 017 | 026 |
| Church facade | XY | 094 | 060 | 070 |
| | Z | 101 | 069 | 081 |

Tab. 4 – Risultati in “Visual Giant”

| Photomod | | | | |
|--|------|-----|---------|-----|
| Block accuracy evolution using GCP in mm | | | | |
| Subject | Axis | Max | Average | RMS |
| Altar | XY | 028 | 016 | 017 |
| | Z | 039 | 019 | 024 |
| Church facade | XY | 090 | 065 | 073 |
| | Z | 104 | 070 | 081 |

Tab. 5 – Risultati in “Photomod”

Come si può vedere, tutti i software hanno fornito buoni risultati, peraltro molto vicini gli uni agli altri. Questo fatto mostra che i calcoli della triangolazione per tutti gli applicativi presi in esame sono convergenti, e perciò tutti ugualmente affidabili.

Le routine e gli algoritmi computazionali sono presumibilmente simili e di certo ottimizzati. Per verificarne la bontà, abbiamo “catturato” sullo schermo le coordinate di 12 check point (premisurati sull’oggetto). Dal confronto delle coordinate, lette sullo screen, misurate e calcolate, osserviamo nuovamente che i risultati si distribuiscono sempre all’interno del range stabilito dai valori di tolleranza fissati. Quest’ultimo controllo conferma una volta ancora la buona qualità dei software per le applicazioni pratiche di rilevamento close range (tab 6).

| Comparative evaluation on check points, differences in mm | | | | | |
|---|------|-----------|------|--------------|----------|
| Subject | Axis | Socet Set | Bluh | Visual Giant | Photomod |
| Altar | X | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.04 |
| | Y | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.04 |
| | Z | 0.06 | 0.03 | 0.06 | 0.05 |
| Church facade | X | 0.12 | 0.10 | 0.10 | 0.13 |
| | Y | 0.11 | 0.08 | 0.10 | 0.12 |
| | Z | 0.13 | 0.10 | 0.14 | 0.14 |

Tab. 6 – Check point: confronto globale dei risultati.

Le seguenti tabelle forniscono ulteriori dettagli per apprezzare le differenze fra i vari software:

| Socet Set | | Differences on check points in mm | | |
|------------------|------|-----------------------------------|---------|------|
| Subject | Axis | Min | Average | Max |
| Altar | X | 0.02 | 0.02 | 0.03 |
| | Y | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| | Z | 0.05 | 0.06 | 0.07 |
| Church facade | X | 0.10 | 0.12 | 0.13 |
| | Y | 0.09 | 0.11 | 0.12 |
| | Z | 0.12 | 0.13 | 0.16 |

Tab. 7 – Check point: risultati “Socet Set”

| Bluh | | Differences on check points in mm | | |
|---------------|------|-----------------------------------|---------|------|
| Subject | Axis | Min | Average | Max |
| Altar | X | 0.02 | 0.02 | 0.03 |
| | Y | 0.01 | 0.03 | 0.04 |
| | Z | 0.03 | 0.03 | 0.05 |
| Church facade | X | 0.08 | 0.10 | 0.11 |
| | Y | 0.07 | 0.08 | 0.10 |
| | Z | 0.10 | 0.10 | 0.11 |

Tab. 8 – Check point: risultati “Bluh”

| Visual Giant | | Differences on check points in mm | | |
|---------------------|------|-----------------------------------|---------|------|
| Subject | Axis | Min | Average | Max |
| Altar | X | 0.03 | 0.04 | 0.06 |
| | Y | 0.04 | 0.05 | 0.06 |
| | Z | 0.03 | 0.06 | 0.08 |
| Church facade | X | 0.09 | 0.10 | 0.12 |
| | Y | 0.10 | 0.10 | 0.14 |
| | Z | 0.13 | 0.14 | 0.17 |

Tab. 9 – Check point: risultati “Visual Giant”

| Photomod | | Differences on check points in mm | | |
|-----------------|------|-----------------------------------|---------|------|
| Subject | Axis | Min | Average | Max |
| Altar | X | 0.01 | 0.04 | 0.06 |
| | Y | 0.03 | 0.04 | 0.06 |
| | Z | 0.03 | 0.05 | 0.06 |
| Church facade | X | 0.12 | 0.13 | 0.14 |
| | Y | 0.08 | 0.12 | 0.15 |
| | Z | 0.13 | 0.14 | 0.17 |

Tab. 9 – Check point: risultati “Photomod”

Conclusioni

Di sicuro, i casi di studio dell'applicazione realizzata non presentano particolari complessità. Tuttavia, rappresentano un largo campione di situazione pratiche in cui le compagnie coinvolte nelle attività di rilevamento si vengono comunemente a trovare. Per questa ragione, è possibile affermare che ciascuno dei software testati fornisce buoni risultati nelle applicazioni tipiche della fotogrammetria close range.

Ad ogni modo, i test effettuati nell'ambito di questa attività di tirocini didattici di Facoltà hanno permesso di apprezzare particolarmente le potenzialità del software Photomod che, sebbene ancor poco diffuso, sembra garantire, oltre alla semplicità d'uso ed al prezzo certamente contenuto, prestazioni comparabili con quelle fornite da altri software ben più noti nel settore.

Bibliografia

- K.B. Atkinson, Emeritus Reader, (2001), Close Range Photogrammetry and Machine Vision.
 Jacobsen, K.(1997), Operational Block Adjustment without Control Points, ASPRS Annual Convention 1997, Seattle, Volume 2, pp 238 – 244
 Jacobsen, K. (1999):, Combined Bundle Block Adjustment with Attitude Data, ASPRS Annual Convention 1999, Portland