

Ricerca di un optimum nell'aggiornamento della Carta Tecnica Regionale Numerica e DB geografico presso il B.I.M. dell'Adige della Provincia di Verona

Narciso Bonuzzi (*), Andrea Cavalli (**), Giorgio Frigerio (***),
Mario Fondelli (****), Maurizio De Gennaro (*****)

(*) Responsabile area tecnica del Consorzio di Bacino Imbrifero Montano dell'Adige della Provincia di Verona,
Via Cà di Cozzi 41, 37124 Verona, Tel. 045.8344397, e-mail: info@bimadige.vr.it

(**) Responsabile tecnologia immagini oblique, Blom CGR, Via Cremonese 35/a, 43100 Parma,
Tel. 0521.994948, e-mail: andrea.cavalli@blomasa.com

(***) Direttore tecnico soc. AcadiaSIT, via Eleonora Duse 4, 27029 Vigevano (PV),
Tel. 0381.79689, e-mail: gfrigerio@arcadiasit.it

(****) Già Professore Ordinario di Topografia nella facoltà di ingegneria dell'Università di Firenze e
Università IUAV di Venezia, Facoltà di Pianificazione del Territorio, Via Jacopo Nardi 50,
50132 Firenze, Tel. 055.243898, e-mail: m.fondelli@3consulting.it

(*****) Dirigente dell'Unità di Progetto per il SIT e la Cartografia della Regione del Veneto,
Calle Priuli, Cannaregio 99, 30121 Venezia, Tel. 041.2792577, e-mail: maurizio.degennaro@regione.veneto.it

Riassunto

La gestione del sistema informativo territoriale del B.I.M. Adige pone il problema della sua affidabilità nel tempo per gli effetti dei diversi eventi naturali ed antropogeografici che tendono a modificare i contenuti acquisiti alla data di riferimento.

Un invecchiamento degli stessi elaborati geotopocartografici sollecita quindi un loro aggiornamento dinamico capace di salvaguardare nel tempo il grado della loro affidabilità statistica informativa di partenza. Questione che in questi territori è stata finora affrontata attraverso un completo rifacimento degli elaborati cartografici.

Per assicurare la necessaria tempestività delle operazioni di aggiornamento, appare pertanto indispensabile snellire la prassi finora seguita ricorrendo ad una integrazione degli elaborati con delle priorità adeguate alla rapidità degli stessi processi di invecchiamento.

L'esperienza effettuata dal consorzio B.I.M. Adige, ha evidenziato come possa giocare un ruolo di particolare importanza per la conoscenza dei luoghi e dell'ambiente, la disponibilità del "pentaview" relativo alle aree di interesse. Una documentazione georeferenziata nello stesso sistema di riferimento, utilizzabile secondo la sperimentata prassi del 'survolo' e agevolmente trattabile ai fini della relativa restituzione per 'overlay' tramite un ordinario 'best fitting 3D', è in grado di integrare e correggere i dati geografici inizialmente acquisiti per il contestuale periodico aggiornamento 'up to date'.

Abstract

The management of geographic information system of "BIM Adige" raises up the question of its reliability in the future, the effects of different natural events and antropogeographical which modify the content obtained at the date.

Aging of the studies geotopocartographical forces a dynamic update that makes them capable of maintaining over time the level of their statistical reliability information. To ensure the necessary timeliness of update operations, it is therefore essential to streamline the current practice using an integration of the projects with the priorities appropriate to the speed of the same processes of aging.

The experience of the consortium B.I.M. Adige, showed how it can play a particularly important role for local knowledge and the environment, the availability of "PentaView" relating to areas of interest. The Documentation georeferenced in the same reference system, used in accordance with the practice of 'surlvo', and easily manageable for the purposes of their return to 'overlay' by an ordinary 'best fitting 3D', is able to integrate and adjust the geographic data initially acquired for their contextual periodic update 'up to date'.

Premessa

Il Consorzio del Bacino Imbrifero Montano dell'Adige di Verona, di seguito denominato Consorzio B.I.M. Adige, riunisce quell'insieme di territori, perimetrati per decreto del Ministero dei Lavori Pubblici, le cui acque confluiscono in un ampio territorio circostante, punto di confluenza di un intero sistema idrografico, ovvero la valle dell'Adige e il Lago di Garda.

Ad esso aderiscono ventinove comuni: Malcesine, Ferrara di Monte Baldo, Brentino Belluno, San Zeno di Montagna, Caprino Veronese, Rivoli Veronese, Dolcè, Sant'Anna d'Alfaedo, Fumane, Sant'Ambrogio di Valpolicella, Marano di Valpolicella, Negrar, Boscochiesanuova, Grezzana, Cerro Veronese, Roveré Veronese, Erbezzo, Velo Veronese, San Mauro di Saline, Verona, Mezzane di Sotto, Selva di Progno, Badia Calavena, Tregnago, Vestenanova, San Giovanni Ilarione, Cazzano di Tramigna, Roncà, Montecchia di Crosara.

Il Consorzio B.I.M. Adige, costituitosi nel 1954, è il destinatario degli indennizzi per i disagi conseguenti alla realizzazione di bacini, impianti per la produzione di energia idroelettrica nelle aree montane previsti dall'applicazione della Legge 27 dicembre 1953 n. 959, la quale prevede un sovracanone a carico dei concessionari di derivazioni d'acqua pubblica finalizzata alla produzione di forza motrice, e di quanti hanno opere di presa sopra i 500 metri all'interno del bacino imbrifero dell'Adige.

In coerenza con quanto indicato nella Legge suddetta, il Consorzio B.I.M. Adige, all'art. 2 del proprio Statuto, ha posto, quale obiettivo centrale della propria operatività, l'attivazione di tutte le iniziative e le incentivazioni idonee a favorire lo sviluppo economico e sociale della montagna veronese secondo una programmazione triennale da realizzare con investimenti annuali specificamente destinati.

Considerato che le realtà comunali ricomprese nell'ambito territoriale consortile, sono caratterizzate da:

- territori di dimensioni modeste con peculiarità altimetriche tali da comportare disagi nella fornitura dei servizi e nelle attività di controllo;
- strutture gestionali assai ridotte (uffici tecnici sguarniti e/o affidati a personale esterno);
- conoscenza approssimativa del territorio, conseguente a rilievi parziali, spesso realizzati in modo impreciso e/o da terzi con inadeguata competenza;
- cronica carenza di risorse umane e tecnologiche.

e rilevato, altresì, che per tutti i Comuni è vitale la conoscenza puntuale del proprio territorio e la possibilità di seguirne l'evoluzione in tempo reale, il Consorzio B.I.M. Adige ha da tempo posto in essere il progetto "SER.P.I.CO." (Servizi Permanenti Informativi Comunali), che si configura come un intervento strategico globale di sistema finalizzato a fronteggiare e risolvere le difficoltà funzionali proprie dei sistemi operativi dei singoli Comuni.

L'impiego costante e organicamente strutturato di tecnologie innovative al servizio della struttura organizzativa del Consorzio B.I.M. Adige in appoggio alle realtà locali, ha consentito di sviluppare sinergie ad alta efficienza e stringente efficacia operativa.

Ciò ha garantito, oltre ad un'altrimenti impensabile linearità di funzionamento, anche notevoli vantaggi in termini economici e temporali, favorendo, aspetto di non minore importanza, l'integrazione armonica di ambienti amministrativi non sempre in grado di assettarsi adeguatamente fra loro in modo veloce e proficuo.

Ne è nata una sorta di holding tecnico-amministrativa funzionalmente calibrata sulle complesse esigenze di un territorio articolato e multiforme, ancorché sostanzialmente omogeneo sul piano ambientale, morfo-geologico e amministrativo.

Dopo la costituzione del polo tecnico oggi strutturato su tecnologia cloud computing, che garantisce nel tempo, la raccolta e la diffusione di dati e servizi ai Comuni, è scaturita l'urgenza di adeguare i sistemi informativi comunali con dati aggiornati e innovativi, pertanto sono già stati realizzati: una nuova CTRN e DB geografico in collaborazione con la Regione del Veneto, una scansione laser aerea integrata nel Progetto Nazionale di Telerilevamento del Ministero dell'Ambiente e un visualizzatore nadirale/prospettico metricamente sensibile denominato 'Pentaview'. Strumenti strutturati e perfettamente integrati nel geoportale del Consorzio a disposizione dei Comuni.

Su sollecitazione dei Comuni consortili si pone ora il problema di mantenere in manutenzione il sistema delle informazioni sia funzionalmente, che temporalmente. Il sistema di comunicazione Comuni/Consorzio deve essere garantito durante gli orari d'ufficio, affidabile e stabile nel tempo; contemporaneamente si pone il problema dell'aggiornamento dei dati fotografici, cartografici ed alfanumerici già prodotti. E' questo il tema che questo Consorzio si appresta ad affrontare sia da un punto di vista organizzativo che funzionale.

Accuratezza temporale del sistema

Messo a punto un sistema informativo geografico come quello del B.I.M. Adige, è senza dubbio la sua accuratezza temporale ad essere più labile, considerando che in generale un GeoDB assembla entità di natura alquanto eterogenea e differenziata, tutte identicamente datate, ma suscettibili di verificare ognuna un proprio specifico tasso di invecchiamento naturale, variamente accelerato nel tempo in relazione alle proprie caratteristiche fisiche ed allo sviluppo del territorio interessato. E questo logicamente comporta, la necessità di evidenziare nella forma più chiara possibile, per ciascuna di esse, la rispettiva epoca di riferimento, od epoca di aggiornamento.

Il problema della definizione dell'accuratezza temporale, o per meglio dire della reale affidabilità temporale, dei dati geografici collazionati dal sistema, può essere risolto in base a valutazioni contingenti e soggettive, ma deve essere comunque affrontato sul piano teorico facendo sempre riferimento a criteri oggettivi di stima, ispirati possibilmente al principio della massima verosimiglianza statistica, in relazione alla corrispondenza biunivoca di volta in volta assicurata dal sistema in esame.

Come noto, la corrispondenza biunivoca metrica e informativa di un sistema informativo geografico viene correntemente assicurata con la probabilità massima del 95%, appare quindi del tutto legittimo che, stabilito il limite fiduciario della significatività statistica intorno al 5% per le possibilità di rigetto, si debba far riferimento sempre a questo stesso limite fiduciario per valutare la perdita di affidabilità generale dello stesso sistema geografico, col progredire dei fenomeni ricorrenti nel processo di invecchiamento naturale.

Un processo che, modificando la significatività statistica intrinseca del sistema informativo geografico medesimo, compromette di fatto anche la sua specifica corrispondenza biunivoca, che non risulta più in grado di garantire l'originaria affidabilità delle informazioni geografiche, metriche e tematiche, collazionate con la presunta probabilità del 95%.

Logicamente, col progredire del processo di invecchiamento, l'originaria regione critica dei tests si modifica, superando gradualmente il limite fiduciario prefissato, e la significatività statistica del campione regredisce, per cui l'ipotesi di progetto viene gradualmente compromessa e l'elaborato tecnico diviene sempre meno affidabile. E proseguendo il fenomeno, in prosieguo di tempo, allorché la sua significatività statistica residua finirà per ridursi al livello del 50%, corrispondente all'incertezza matematica, il sistema medesimo dovrà essere dichiarato obsoleto.

Naturalmente, non tutti i dati geografici metrici, descrittivi e tematici, recepiti nei GeoDB geografico, potranno essere dichiarati uniformemente obsoleti, poiché non tutti colpiti dallo stesso tasso di invecchiamento temporale. Ragione per cui, si porrà il problema di ripristinare la perdita significatività complessiva, e questo comporterà a seconda dei casi, un'operazione di semplice

aggiornamento parziale dell'elaborato medesimo, allorché si richieda di reintegrare una continuità informativa vulnerata nella documentazione del territorio interessato, oppure una sua completa formazione ex-novo, quando risulti alquanto più conveniente rinnovare la sua sconvolta corrispondenza biunivoca, per adeguare lo stesso sistema informativo geografico alla nuova realtà oggettiva territoriale.

Prospettive nel “updating” del sistema geografico

Come noto, la formazione della Cartografia Tecnica Regionale Numerica e DB Geografico si sviluppa sempre per fasi operative distinte e successive, regolate ciascuna da specifiche prescrizioni tecniche, e i relativi elaborati intermedi prodotti sono controllati sempre in corso d'opera, prima di essere ammessi ad ogni trattamento successivo. Una prassi operativa che non può esser certo tralasciata nell'aggiornamento, o “updating”, del sistema in oggetto.

Il processo di invecchiamento degrada l'accuratezza del sistema, nelle sue essenziali espressioni di accuratezza temporale, accuratezza posizionale e accuratezza tematica. Ripristinare l'accuratezza temporale, secondo la prassi consolidata, consente di recuperare contestualmente anche le altre accuratezze.

E' stato già rilevato, come questo ripristino possa realizzarsi, sia attraverso la ripetizione ex-novo della formazione della CTRN e del DB Geografico, riproponendo un nuovo prodotto informativo completamente in linea col tempo, sia attraverso nuove porzioni aggiornate degli stessi elaborati nelle aree territoriali sottoposte a degrado od obsolete.

Due possibilità alternative, che possono rivelare due diversi rapporti tra costo e beneficio, e che sul piano operativo possono peraltro pervenire a prodotti di scarsa qualità temporale, soprattutto quando la copertura aerofotogrammetria necessaria sia molto estesa e, per impreviste circostanze di forza maggiore, venga a dilatarsi in un lungo arco di tempo di incerta datazione.

Un immediato e semplice contributo alla soluzione del problema del periodico aggiornamento degli elaborati predetti, può essere offerto dall'utilizzazione integrata del *Lidar* e delle prese nadirali ed oblique del visualizzatore *Pentaview*.

L'utilizzazione fotogrammetrica delle prese fotografiche oblique è stato oggetto in passato di mirate ricerche teoriche e sperimentali a livello internazionale. Il trattamento fotogrammetrico delle prese oblique presenta infatti, rispetto al trattamento delle normali prese nadirali, la soluzione di complesse problematiche inerenti alle deformazioni prospettiche delle immagini, prodotte dall'inclinazione dell'asse ottico di presa che induce una variazione continua della scala dimensionale degli oggetti fotografati.

La tecnologia che realizza la visione prospettica disponibile nel visualizzatore *Pentaview* si è sviluppata, come noto, da una fusione delle tecnologie avanzate di *Airborne remote sensing*, *Inertial measurement*, *Precision airborne GPS*, *Geo-referenced digital imaging*, *Digital image processing*, *Digital fotogrammetry*, *Data processing*, *Warehouse and management*, e *Softcopy data extraction*.

Un processo integrato, che definisce nei fatti un vero e proprio sistema informativo territoriale, costituito essenzialmente da immagini digitali nadirali ed oblique a colori ed alta risoluzione degli spazi territoriali considerati, osservabili e analizzabili da varie direzioni contrapposte ed a scale dimensionali variabili, attraverso un apposito software di gestione ed elaborazione *Pentaview*.

Il sistema di visualizzazione consente infatti di analizzare agevolmente “a volo di uccello” le immagini solide degli stessi oggetti e di analizzarne altresì accuratamente ogni delineazione di dettaglio (*figura 1*). La georeferenziazione delle immagini a livello del pixel, consente infatti di esplorare tutto il campo visibile dell'immagine obliqua, di misurare le dimensioni spaziali dei diversi oggetti ritratti, di effettuare degli zoom sugli elementi o porzione di particolare interesse, e di ottenere infine informazioni sulla forma, sulla posizione, sul colore, sulle dimensioni (distanze, superfici, altezza) sulla quota riferita al livello del mare, sulla destinazione d'uso, ecc. di tutti gli elementi visibili nelle molteplici immagini disponibili (circa 10 per le oblique e circa 10 per le nadirali).

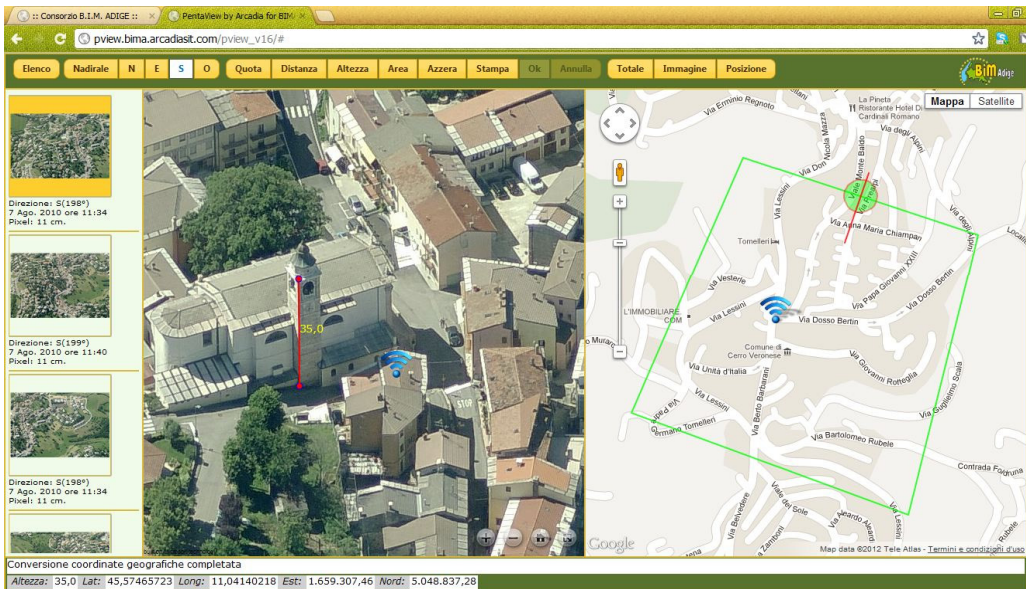


Figura 1. Vista prospettica con misura di altezza, ingombro al suolo del fotogramma e immagini disponibili.

Una documentazione fotogrammetrica che può essere, a seconda delle urgenze, sistematicamente rinnovata a basso costo e in tempi alquanto ristretti, per fornire informazioni sulle variazioni delle consistenze e degli stati di conservazione del patrimonio edilizio considerato, nonché sull'evoluzione dell'ambiente urbano e delle diverse risorse naturali territoriali coinvolte.

Il software di gestione *Pentaview* assicura infatti la possibilità di sostituire celermente, nell'esplorazione dell'area ritratta e nelle osservazioni di misura, una veduta prospettica dopo l'altra realizzate anche in epoche diverse; di variane la scala di esplorazione in progressione geometrica, dall'ingrandimento del 100% fino a quello del 1600 %; di determinare le relative posizioni geografiche nel sistema di riferimento adottato, con approssimazioni compatibili con la risoluzione propria delle diverse immagini digitali a colori osservate.

Uno strumento di indagine piuttosto prezioso per l'aggiornamento del sistema in oggetto e che, dal punto di vista del suo inquadramento geometrico generale, può sostituire l'aerotriangolazione spaziale con la più flessibile applicazione della metodologia del survolo (che costituisce una elementare triangolazione aerea ad un solo fotogramma) e la ricognizione tradizionale con l'osservazione diretta di qualsiasi emergenza antropica o naturale da molteplici punti di vista.

Sperimentazione di 'updating' realizzata dal B.I.M. dell'Adige di Verona

L'applicazione di questa metodologia comporta logicamente la disponibilità di appropriate prese fotogrammetriche aeree, effettuate con la stessa camera metrica o con altra simile, da quota relativa diversa. Costituenti nel loro insieme un ridottissimo insieme di stereogrammi, idonei a coprire sia l'insieme dei punti noti a terra, che le strisciate o i blocchi di strisciate, oggetto del rilevamento.

La prassi operativa relativa è quella aerofotogrammetrica servoassistita dal sistema inerziale Applanix il quale, attraverso l'integrazione dei dati GPS, con i dati raccolti dall'IMU, permette di determinare sia le coordinate dei singoli centri di presa (latitudine, longitudine e quota ellissoidica) sia l'assetto angolare (ω , ϕ e κ) dell'asse ottico della camera al momento dello scatto al fine di garantire per cui ogni singolo fotogramma la georeferenziazione e l'orientamento nello spazio.

Appare evidente che, nel caso specifico dell'aggiornamento parziale del sistema in oggetto, debba essere la primitiva copertura fotogrammetrica del territorio ottenuta attraverso la originaria presa

nadirale, oppure la restituzione numerica della CTRN o del DB Geografico, ad assolvere la funzione propria della copertura di base. Ragion per cui, la nuova copertura fotogrammetrica aerea Pentaviews dovrà presentare nel suo insieme una scala fotografica diversa da quella di impianto, suscettibile di individuare così l'insieme dei nuovi punti fotografici di appoggio da utilizzare per l'aggiornamento in oggetto

La sovrabbondanza dei dati disponibili consentirà di ricavare, insieme alle coordinate dei punti di appoggio necessari per le operazioni di aggiornamento, anche un saggio della precisione formale dell'operazione compiuta.

Una documentazione fotogrammetrica georeferenziata nel sistema di riferimento degli elaborati invecchiati, con una copertura equipollente non generalizzata sul territorio interessato, ma bensì frazionata in funzione delle richieste di urgenti priorità, utilizzabile secondo la sperimentata prassi del "survolo", e agevolmente trattabile ai fini della relativa restituzione per "overlay" tramite un ordinario "best fitting 3D", in grado di integrare e correggere i dati geografici inizialmente acquisiti, per il loro contestuale periodico aggiornamento "up to date".

È appunto partendo da queste premesse ed usufruendo di una collaborazione interdisciplinare che è stata resa possibile una sperimentazione tesa a mettere a punto una procedura operativa più snella e più rapida di aggiornamento dei dati geografici in oggetto. Un saggio che, opportunamente verificato e controllato sul terreno, ha consentito di raggiungere un "optimum" del rapporto di base fra costo e benefici e che ha suggerito l'ulteriore applicazione della procedura messa a punto nella ordinaria manutenzione dinamica del sistema informativo del B.I.M. Adige.

I tests sono stati effettuati sul fabbricato in quanto sul manufatto edilizio si concentra soprattutto l'interesse dei Comuni e lo stesso può presentare forme articolate e complesse che ben si prestano per verificare le potenzialità del visualizzatore/digitalizzatore. In particolare sono stati testati i dati altimetrici e le misure di altezza dei manufatti, misura che presenta le maggiori incertezze nella misurazione.

I manufatti sono stati dapprima visionati 'a tutto tondo' misurando/valutando lo sporto di gronda e le eventuali variazioni volumetriche, successivamente è stato digitalizzato il sedime del fabbricato registrandone automaticamente le coordinate planimetriche, la quota al piede e l'altezza in gronda (figura 2 e 3).



Figura 2 e 3. Viste prospettiche con misure di altezza.

L'osservazione delle immagini disponibili hanno consentito anche l'individuazione della tipologia edilizia, la categoria d'uso, lo stato d'uso ecc. popolando di fatto il DB associato.

Acquisiti con *pentaview* tutti gli oggetti territoriali che costituiranno l'*updating* della CTRN e DB geografico si provvederà alla successiva fase di strutturazione del geodatabase sul modello IntesaGis secondo le specifiche di cui al Decreto 10/11/2011 – Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici.

Analisi metrica dei risultati e osservazioni conclusive

L'esame della qualità informativa offerta nell'*updating* mediante survolo *pentaview* ha comportato un confronto descrittivo e posizionale coniugato di oltre 40 entità virtuali topografiche coniugate individuate nei due diversi modelli digitali risultanti, quello fornito dal sistema informativo geografico originario e quello misurato con *pentaview* dagli esiti planimetrici scontati come risulta dalle immagini seguenti (figura 4 e 5):

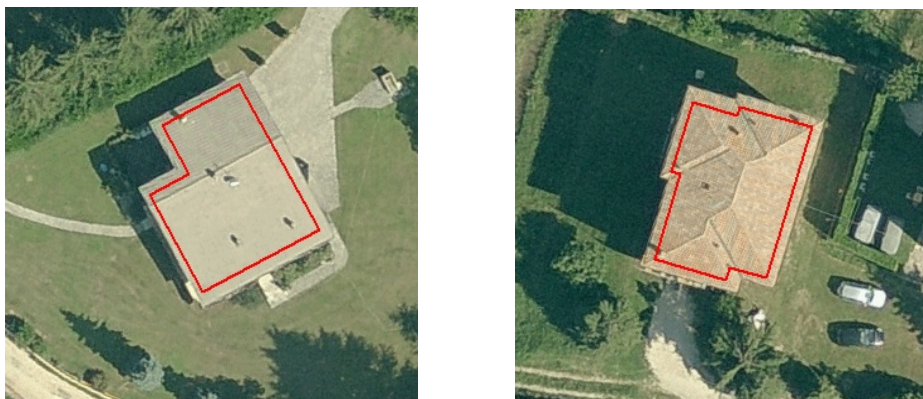


Figura 4 e 5. Sovrapposizione rilievo cartografico su *pentaview*.

Dall'insieme dei tests realizzati si deducono le seguenti risultanze valutate in scarti quadratici medi:

misure di altezza su fabbricati SQM= $\pm 0,22$ m
altimetria(riferita al DTM) SQM= $\pm 0,22$ m

precisioni che rientrano ampiamente nelle prescrizioni dei capitoli tecnici di produzione della CTRN e DB geografico.

Parimenti più conveniente è risultato infine, al confronto per ettaro, il rapporto fra costo e beneficio dell'applicazione del survolo frammentato, rispetto al rifacimento ex-novo dell'insieme.

Il rappizzo "updating" proposto recupera dunque a pieno il "grado di conformità" allo standard preordinato per il sistema informativo geografico del B.I.M. dell'Adige secondo le sue diverse precisazioni specifiche di accuratezza posizionale, accuratezza tematica e accuratezza temporale, riferito alla qualità dei risultati conseguiti, che come noto si differenzia dalla precisione dei dati, che attiene invece alla qualità metrica delle operazioni svolte per il relativo conseguimento. Un parametro, quello della precisione, da associare sempre al grado di approssimazione dei mezzi impiegati e delle operazioni tese ad assicurare l'omogeneità dei dati acquisiti.

Un'operazione realizzabile però fino a quando la significatività statistica residua del sistema informativo geografico del B.I.M. Adige non abbia a ridursi al livello del 50%, e il sistema medesimo non debba rivelarsi ormai completamente obsoleto. Un limite oltre il quale dovrà evidentemente predisporre una sua integrale riedizione, facendo astrazione dagli oneri di impresa e dal relativo rapporto fra costo e beneficio.

Riferimenti bibliografici

Fondelli M. (1991), "Manuale di Topografia". *Volume terzo. Editori Laterza.*

Surace L. (1998), "La georeferenziazione delle informazioni territoriali. Bollettino di Geodesia e Scienze affini", *Anno LVII, N. 2.*

- Kasser M. and Egels Y. (2002), "Digital Photogrammetry". *Taylor & Francis Ltd. London.*
- De Gennaro M. Fondelli M. (2003), "La Carta Tecnica Regionale Numerica della Regione del Veneto: l'aggiornamento dei dati geografici". *7a Conferenza Nazionale ASITA. ATTI, Volume primo.*
- Fondelli M. (2005), "Precisione e obsolescenza dei database geografici della Cartografia tecnica regionale numerica". *CartoGraphica N. 14.*
- Fondelli M. (2008), "Nuove prospettive nel rilievo urbano applicate ai sistemi a tre dimensioni. Il cantiere della conoscenza". *Arte Tipografica Editrice.*
- US Geological Service NGP (2010), "Lidar Guidelines and Base Specification".
- Fondelli M., Gasperi M., Floris A. (2010), "Analisi qualitativa del dato Lidar nell'informazione territoriale ad alta risoluzione". *Atti 14ª Conferenza Nazionale ASITA. Brescia..*