

L'accuratezza della georeferenziazione delle immagini Google Earth: un caso-studio sul Comune di Pavia

Vittorio Casella (*), Marica Franzini (*), Barbara Padova (*),
Anna Spalla (*), Maria Grazia Bruneo (**)

(*) DIET - Università degli Studi di Pavia, via Ferrata, 1 -27100 Pavia
(vittorio.casella, marica.franzini, barbara.padova, anna.spalla)@unipv.it
(**) neolaureata - mary_brn@hotmail.it

Riassunto. Scopo della nota è l'analisi dell'accuratezza posizionale delle immagini Google Earth nella zona del Comune di Pavia.

L'accuratezza posizionale viene stimata leggendo le coordinate di circa 60 punti di controllo sulle immagini Google Earth e confrontandole con quelle ottenute dalla carta 1:2000 del Comune. Emerge la presenza di un forte errore sistematico avente componenti 16 e -1.2 metri, in Est e Nord rispettivamente. Gli errori accidentali sono dell'ordine del metro, per entrambe le componenti.

Abstract. The purpose of the present paper is to analyze the positional accuracy of Google Earth images in the area of the Pavia's Municipality.

The coordinates of approximately 60 control points are read from the Google Earth imagery: they mainly correspond to building corners. The coordinates of the same points are read from a 1:2000 vector map of the Pavia's Municipality.

It comes out that the Google Earth has a strong bias above Pavia, 16 and -1.2 meters for the East and North components. Random errors are around 1 meter, for both components.

1 Introduzione

L'avvento di Google Earth ha certamente rivoluzionato il mondo dell'informazione geografica e ha creato di fatto un nuovo tipo di prodotto cartografico, i *Digital Globe*. Per la verità, esistevano esempi simili già in precedenza, ma è stato Google Earth a farli conoscere a tutto il mondo.

Google Earth si è progressivamente arricchito di molte belle e accattivanti tipologie di dati e funzionalità: le immagini satellitari e/o aeree dell'intera superficie terrestre, le mappe stradali, le mappe oceaniche, i puntatori ai luoghi d'interesse, la modellazione 3D dell'edificato, le immagini storiche, ecc. Google Earth ha progressivamente trasformato il modo di concepire l'informazione geografica mettendo a disposizione di tutti un ambiente integrato per consultare, creare e condividere dati. Google Earth ha anche il grande merito di aver fatto conoscere l'informazione geografica a tutti, ma presenta il rischio dell'accettazione acritica: una situazione in cui la gente comune, ma anche amministratori, tecnici e insegnanti si convincono che tutta l'informazione geografica necessaria per conoscere e gestire il territorio sia già disponibile.

Uno degli aspetti qualificanti dell'informazione geografica è l'accuratezza geometrica: non è sufficiente che un'ortofoto o una carta mostrino gli oggetti che si trovano sul territorio, ma deve assegnare loro la posizione corretta. Meglio ancora: deve essere noto l'errore della rappresentazione, cioè la distanza media fra le coordinate vere degli oggetti e quelle attribuite loro dalla carta. Qual è quindi l'accuratezza geometrica di Google Earth? Tale informazione non è dichiarata.

Google Earth contiene diversi errori e sviste. Assegna al Monte Everest, avente quota *vera* di 8.844 m, un'altezza di solo 8.591 metri, con una differenza di 253 metri. Non sempre viene assegnata la quota 0 alla superficie del mare: è stata documentata una quota di -50 m nell'Oceano Pacifico e una

di +200 m a Ragusa, in Croazia. A volte la mosaicatura fra le immagini presenta problemi, come nel caso del ponte di Brooklyn, a Manhattan. Infine è capitato a molti di notare errori nel posizionamento delle etichette indicanti i toponimi.

Vi è infine un esempio relativo alla città di Pavia, che è all'origine dell'approfondimento descritto nella nota. Se si accende il layer della viabilità e si aumenta il rapporto di zoom nella finestra di visualizzazione, le linee indicanti le strade si allontanano progressivamente dalla posizione che le strade stesse occupano sull'immagine di sfondo e si sovrappongono ai tetti (*Figura 1*). Ciò indica un errore di georeferenziazione di uno dei due layer visualizzati e il maggior indiziato è l'immagine raster, in quanto il layer della viabilità è fornito a Google dalle ditte che si occupano di navigatori per automobili e difficilmente può contenere errori così grandi.



Figura 1 – Esempio di sovrapposizione tra il layer della viabilità e l'immagine satellitare georeferenziata, in Google Earth.

Scopo della presente nota è l'analisi dell'accuratezza posizionale delle immagini Google Earth nella zona del Comune di Pavia.

Nei seguenti paragrafi verrà descritta la metodologia adottata, i dati utilizzati, le analisi condotte e i principali risultati conseguiti.

2 La metodologia adottata

Sono state selezionate un certo numero di aree test sul territorio comunale, uniformemente distribuite. In ogni area test sono stati individuati 10/15 punti ben visibili sia sulla cartografia vettoriale del Comune, sia sull'immagine Google Earth; sono state lette le coordinate dei punti sull'uno e sull'altro prodotto e sono state analizzate statisticamente le differenze di coordinate.

2.1 La Carta Tecnica Comunale del Comune di Pavia

Il Comune di Pavia dispone della cartografia vettoriale alla scala 1:2000 del suo territorio, che è stata prodotta in forma cartacea all'inizio degli anni '80 e successivamente digitalizzata. La carta comunale (nel seguito CTC) è stata scelta come termine di paragone per la verifica della qualità della georeferenziazione delle immagini Google Earth: la sua precisione nominale e i collaudi a cui è stata sottoposta al momento della sua creazione (e anche nei successivi aggiornamenti e/o trasformazioni), dimostrano la sua adeguatezza per lo scopo della nota.

Ma la CTC è inquadrata nel reticolo Gauss-Boaga, mentre le immagini Google Earth sono inquadrare in WGS84. Presso il Laboratorio di Geomatica esiste tuttavia una versione della CTC inquadrata in WGS84 la cui corretta georeferenziazione è stata preliminarmente verificata.

Per fare ciò, sono stati individuati 20 vertici le cui coordinate sono state lette in entrambe le versioni della CTC, quella in Gauss-Boaga (CTC-RM40) e quella in UTM-WGS84 (CTC-WGS84). E' stato applicato alle coordinate Gauss-Boaga un algoritmo di trasformazione di datum, definito all'interno del Laboratorio nell'ambito di precedenti ricerche e progetti, la cui accuratezza è di 3/5 cm: sono state così ottenute le coordinate UTM *calcolate* dei 20 punti di controllo. Le coordinate UTM calcolate (da considerarsi vere ai fini della nostra verifica) sono state confrontate con quelle estratte dalla CTC-WGS84. La Tabella 1 sintetizza la statistica descrittiva delle differenze e mostra errori medi non superiori a 2 cm, confermando così che la CTC-WGS84 è stata ben convertita.

Scarti	E [m]	N[m]
Min	-0,024	-0,031
Max	0,022	0,027
Media	-0,001	-0,001
STD	0,014	0,020
EQM	0,014	0,020

Tabella 1 – Risultati della validazione della conversione della CTC da RM40 a WGS84.

2.2 Le zone test

Sono state individuate cinque zone test uniformemente distribuite sul territorio comunale e ben visibili sulle immagini Google Earth. Si è cercato di scegliere alcune zone contenenti significative variazioni di quota: ciò non è semplice in un territorio pianeggiante come quello di Pavia, tuttavia tre zone test contengono variazioni di almeno 5 metri. La motivazione di tale scelta sta nel tentativo di mettere in evidenza effetti sistematici indotti nell'immagine orto-proiettata da un modello digitale delle altezze grossolano. Non stiamo affermando che il modello digitale usato da Google Earth sia grossolano: non ne abbiamo gli elementi, per ora. Potrebbe esserlo, poiché è presumibile che i gestori del servizio abbiano adottato un modello globale, non particolarmente dettagliato.

Le cinque aree selezionate, individuate da colori differenti, sono riportate in Figura 2: il rosso indica la zona est di Pavia nel quartiere San Lanfranco, il blu la zona nei pressi di viale Campari e Viale Cantonticino, il verde l'area nei pressi di via Nino Bixio, il viola una zona centrale nei dintorni di piazzale Emanuele Filiberto ed infine il giallo l'area lungo Viale Sicilia e Viale Venezia.

In ciascuna area test sono stati individuati da 10 a 15 vertici suddivisi in due categorie: punti "alti", appartenenti principalmente ai tetti degli edifici, e punti "bassi" costituiti da spigoli di aiuole o di pavimentazione stradale. Le due tipologie di punti sono pure dovute alla volontà di evidenziare eventuali errori di orto proiezione.

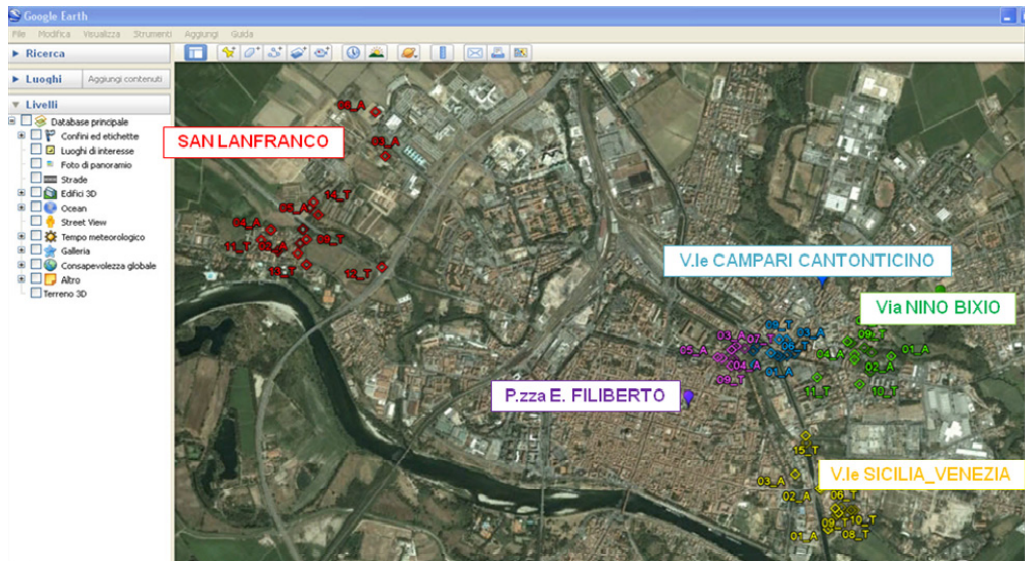


Figura 2 – Collocazione delle aree test esaminate.

2.3 La misura delle coordinate

La misura delle coordinate dei punti di controllo è stata fatta in modo da limitare incertezza ed arbitrarietà.

Per quanto concerne la cartografia vettoriale, essa è stata caricata nel software ArcGIS di ESRI; in corrispondenza dei punti di controllo sono state create nuove *feature* puntuali, collocate esattamente nella posizione dello spigolo o del particolare corrispondente ai punti di controllo, mediante la funzionalità dello *snap*. Le coordinate dei punti sono state poi lette dal database, dunque si può affermare che le coordinate UTM-WGS84 estratte e poi usate nelle analisi sono esattamente quelle presenti nella banca dati.

Per quanto riguarda le immagini Google, è stato fatto un lavoro analogo, ma bisogna tenere conto che non è possibile fare lo *snap* su un'immagine raster. L'operatore ha anzitutto elevato il rapporto di zoom della visualizzazione il più possibile, compatibilmente con la leggibilità dell'immagine; successivamente ha creato *feature* puntuali in corrispondenza degli particolari prescelti, che sono stati poi salvati in un file KML. Le coordinate dei punti di controllo sono state lette proprio dal file.

3 Le accuratze ottenute

L'accuratezza nella georeferenziazione delle immagini Google Earth è stata quantificata analizzando le differenze tra le coordinate lette sull'immagine Google e quelle ricavate dalla carta vettoriale, considerate vere.

Sono state effettuate varie analisi, elaborando i dati congiuntamente ma anche disaggregandoli per area test e per tipologia di punto (alti o bassi). La Tabella 2 riassume i parametri della statistica descrittiva per l'insieme di tutti i 60 punti. E' evidente un forte errore sistematico (leggibile nella riga **Media**) nella componente Est, la cui entità è di circa 16 m; la componente Nord evidenzia un sistematico che, pur essendo statisticamente significativo, ha un'entità molto minore, di circa -1,2 m. Gli errori accidentali (riga **STD**) sono, per entrambe le componenti, attorno al metro.

punti: 60	E [m]	N[m]
Min	14,176	-6,687
Max	17,631	1,743
Media	15,926	-1,162
STD	0,691	1,108
EQM	15,941	1,606

Tabella 2 – Risultati complessivi su tutte le aree test.

I dati sono stati poi analizzati separatamente per ogni area test considerata e, all'interno di ciascuna zona, per i soli punti alti e bassi. Queste analisi disaggregate avevano un triplice scopo: evidenziare differenze tra le zone test esaminate; accertare la presenza di effetti dovuti a variazioni di quota del terreno; investigare se i punti alti e bassi si comportano in modo diverso.

I risultati non manifestano fenomeni facilmente leggibili e la nostra spiegazione è che tali effetti potrebbero comunque esistere ma essere coperti dagli errori accidentali.

Anche l'analisi separata dei dati relativi ai punti collocati sui tetti degli edifici o sul terreno non ha mostrato la presenza di sistematismi evidenti riconducibili a problemi di ortoproiezione delle immagini satellitari.

4 La controprova dei risultati ottenuti

Come mostrato in *Figura 1* nel paragrafo introduttivo, il *layer* vettoriale del reticolo stradale presenta un forte *shift* planimetrico rispetto all'immagine satellitare di sfondo, soprattutto nella componente Est. Quanto mostrato in *Figura 1* è in buon accordo con le nostre elaborazioni: misurando, con l'apposito *tool* fornito da Google, la distanza tra la posizione della strada indicata dal dato *raster* e da quello *vector* si ritrova, per la componente Est, un valore prossimo a 16 m. Ciò conferma inoltre che il reticolo stradale mostrato da Google è correttamente georeferenziato.

Maggiore cautela è richiesta nell'analisi dello *shift* in direzione Nord che la *Figura 1* evidenzia, che potrebbe essere semplicemente dovuto ad una non perfetta orto-proiezione.

5 Conclusioni e prospettive

Google Earth è sicuramente uno strumento strabiliante, che ha rivoluzionato l'informazione geografica: gli autori sono entusiasti di quanto Internet ha già fatto per l'informazione geografica e si aspettano ulteriori sorprendenti evoluzioni nel futuro prossimo. La presente nota evidenzia tuttavia come Google Earth debba essere usato con il **necessario senso critico**.

Il lavoro descrive la valutazione dell'accuratezza della georeferenziazione delle immagini Google Earth nella zona del Comune di Pavia; sono stati presi in considerazione numerosi punti appartenenti a diverse zone test. Le coordinate ottenute dalla collimazione sulle immagini satellitari sono state comparate con quelle ricavate da una cartografia tecnica vettoriale a scala 1:2000; tale confronto ha consentito di stimare la qualità della georeferenziazione delle immagini.

I risultati hanno mostrato la presenza di un forte sistematismo nella componente Est, pari a 15,9 m, mentre la componente Nord presenta un bias di *solo* -1,2 m.

Gli errori accidentali sono, per entrambe le componenti, prossimi al metro. Tale quantità è compatibile con numerose applicazioni, ma risulta tuttavia nettamente superiore all'accuratezza della cartografia a grande scala, alla quale spesso Google Earth viene impropriamente assimilato.

Nel futuro prossimo il numero dei punti di controllo verrà incrementato e le loro coordinate verranno misurate con GPS, in modo da eliminare il poco *noise* dovuto alla CTC. Questo potrebbe rendere visibili certi fenomeni che nei dati attuali sono probabilmente nascosti dal rumore.

Un altro approfondimento che si intende portare a termine è la verifica della qualità dell'informazione altimetrica fornita da Google Earth.