

SPERIMENTAZIONE DELLA METODOLOGIA LASER SCANNING DA ELICOTTERO PER LA GESTIONE DEL DEMANIO FLUVIALE IN LOMBARDIA

Nelly CATTANEO (*), Armando CAVAZZINI (**), Francesca DI MARIA (*),
Franco GUZZETTI (*), Fabio PIEMONTE (*, *)

- (*) DIIAR – Politecnico di Milano, Piazza L. Da Vinci, 32 – 20133 Milano – nelly.cattaneo@yahoo.it
(**) Compagnia Generale Riprese aeree di Parma, Via Cremonese 35 A – 43100 Parma – acavazzini@cgrit.it
(***) DIIAR – Politecnico di Milano, Piazza L. Da Vinci, 32 – 20133 Milano – francesca.dimaria@polimi.it
(****) DIIAR – Politecnico di Milano, Piazza L. Da Vinci, 32 – 20133 Milano – franco.guzzetti@polimi.it
(*****) Regione Lombardia, DG Reti e Servizi di Pubblica Utilità e Sviluppo Sostenibile, Via Pola 12/14
20100 Milano – fabio_piemonte@regione.lombardia.it

Riassunto

L'impiego della tecnologia laser scanner da aeromobile (LIDAR) si è notevolmente sviluppata in questi ultimi anni, anche se solo recenti e limitati sono gli impieghi sul territorio nazionale. Con tale metodologia oltre ad ottenere un rilievo topografico dell'area rilevata è possibile eseguire studi finalizzati in merito a caratteristiche molto specifiche e particolari del territorio da indagare.

Le presente sperimentazione ha come obiettivo lo studio di una attività di rilievo moderna ed efficace per supportare le indagini per la ricerca e la successiva gestione delle servitù di vario tipo all'interno delle aree demaniali dei fiumi in Regione Lombardia.

Gli obiettivi specifici della ricerca sono stati sostanzialmente due: verificare la fattibilità operativa ed il livello qualitativo del rilievo di aree fluviali, ottenibile con le moderne tecniche laser scanner da elicottero (ritenuto più adatto per la sua maneggevolezza alla realizzazione del cosiddetto "corridor mapping"), con supporto di ortofoto digitale; definire quali tipologie di oggetti caratterizzanti le varie servitù fluviali sono riconoscibili dalla nuvola di punti.

Si è ritenuto opportuno eseguire due differenti sperimentazioni a diverse quote di volo; la prima su di un tratto del fiume Seveso caratterizzato da una fitta edificazione, di difficile rilievo topografico, con l'area demaniale praticamente non accessibile da terra; la seconda su una parte del torrente Grandone in un territorio meno urbanizzato, dove quindi la densità di particolari rilevati è stata minore. Va però ricordato che il fine del lavoro non è quello di indagare la forma del terreno per la creazione di un DTM, ma di esplorare la nuvola di punti per rilevare gli elementi presenti nelle macro categorie di oggetti relative ai canoni regionali di pulizia idrica. Risulta quindi importante l'individuazione sia degli oggetti che stanno nell'area demaniale (con il problema dell'interfaccia con le mappe catastali), sia degli oggetti che stanno nella fascia di rispetto fluviale, per una corretta gestione e programmazione della fascia di rispetto stessa.

Il metodo ipotizzato per la gestione delle aree di demanio fluviale si è certamente rivelato adeguato allo scopo. Il prodotto ottenuto è utilizzabile per molte altre applicazioni, di varia natura; può essere reso fruibile per le sole aree che sono interessate dal rilievo dei corsi idrici.

Abstract

Though the development in the use Airborne laser scanning technology has been remarkable in these years, its applications on the national territory are not so frequent. This technology allows not only to survey a territory, but also to lead accurate studies on very specific items belonging to the

territory surveyed. The purpose of this work was to start a modern and effective survey to support the research and the management of different kind of servitude on Regione Lombardia fluvial property. The specific aims of this work are mainly two: first to check the operative faisability and the quality of the survey using laserscanner on helicopter (considered more suitable to ex cuate the so-called "corridor mapping" of a river) and digital ortophoto; second to define which categories and typology of objects among the list of servitudes can be recognized in the point cloud.

It has been considered proper to lead two epe rimentation at different flying height; the first on a portion of Seveso river, which has both sides fully built, hardly surveyable for the unaccessibility of it bank ; the second on a portion of Grandone stream, where the density of buildings and servitudes and the density of elements of interest are lower. It must be considered, however, that the aim of this work was not the creation of a DTM, but the epl oration of the point cloud itself, in order to point out and locate those elements listed in Regione's classification. It is also important that both the objects on the Regione fluvial property and the objects on the controlled band of the river are pointed out, in order to allow an effective management of these portions of territory.

The method assumed was then confirmed to be the proper one.

The product so obtained can be used for many other purposes and applications, obviously just for those portions of territory interested by rivers.

Gli obiettivi della sperimentazione

Il presente lavoro nasce dalla necessità di Regione Lombardia di gestire servitù di vario tipo all'interno delle aree demaniali dei fiumi secondo quanto previsto dal dgr 7/13950 del 1 agosto 2003 (Allegato C). Per l'individuazione sul territorio di tali servitù si è avviata una sperimentazione concordata da Regione Lombardia e DIIAR del Politecnico di Milano ed eseguita dalla CGR di Parma. Gli obiettivi specifici della presente ricerca sono sostanzialmente due:

1. verificare la fattibilità operativa ed il livello di rilievo ottenibile con il laser scanner con supporto di ortofoto digitale, nelle aree fluviali e nelle loro immediate vicinanze; in particolare arrivare a definire la quota di volo, la densità e la distribuzione ottimale della semina dei punti rilevati a terra e la risoluzione dell'ortofoto.
2. definire quali tipologie di oggetti caratterizzanti le varie servitù fluviali sono riconoscibili dall'insieme di nuvola di punti e di ortofoto digitale, a partire dalle macrocategorie di oggetti sottoposti ai canoni regionali di pulizia idraulica, cioè: attraversamenti aerei, attraversamenti in sub-alveo, tombinature, transito di sommità arginale, rampe di collegamento agli argini dei corsi d'acqua, sfalcio erbe e taglio piante, scarichi acque, ulteriori casi di occupazione di aree demaniali.

Si segnala che l'interazione con le altre basi di informazioni e in particolare con la base catastale non è trattato nel presente lavoro in quanto costituisce argomento a se stante.

Definizione degli ambiti territoriali della sperimentazione: casi studio

Si è valutato opportuno eseguire due differenti sperimentazioni.

La prima su un tratto del fiume Seveso, caratterizzato da una elevata edificazione e densità di scarichi, tombinature e servitù tecnologiche, che sono poi quelle la cui rilevabilità è maggiormente da verificare; di difficile rilievo topografico, con l'area demaniale praticamente non accessibile se non in corrispondenza dei ponti stradali. La seconda invece, condotta su un tratto del torrente Grandone, ha voluto indagare il livello di produttività del metodo proposto in territori meno urbanizzati, dove quindi la densità di particolari dovrebbe essere minore e di conseguenza, dovrebbe essere più basso il costo di interpretazione della nuvola di punti.

L'area interessata dal progetto è larga circa 150 metri con almeno 50 metri di copertura per ogni lato rispetto all'asse del fiume/torrente, in modo da poter fare valutazioni più generali rispetto alla verifica delle servitù in area demaniale, relative alla fascia di rispetto.

Tuttavia la fascia effettivamente rilevata, per entrambi i casi, è lunga circa 5 km per 300 metri di larghezza media.

Progetto ed esecuzione del rilievo

In fase di progetto del rilievo laser scanner si è immediatamente valutato opportuno impiegare l'elicottero e non l'aereo. In effetti la forma tortuosa dei corsi d'acqua, anche in territori relativamente pianeggianti, rende molto più adatto l'elicottero che, per via della sua maneggevolezza e guidabilità permette traiettorie molto più corrispondenti all'andamento dell'elemento idrico investigato. Il velivolo è stato dotato delle seguenti apparecchiature opportunamente calibrate: laserscanner, sistema GPS con ricevitore a terra distanza max 15 Km, sistema inerziale e fotocamera digitale (camera metrica) integrata ad alta risoluzione. Sulla base di una serie di fattori si è poi deciso che il pixel a terra dell'ortofoto digitale dovesse essere tra i 10 e i 5 cm di lato; la camera digitale avrebbe quindi dovuto permettere l'ottenimento di tale risultato sulla base della quota di volo prevista.

Per poter meglio valutare la quota di volo ottimale, si è deciso di eseguire la prova sia con volo a 200 m di altezza relativa che a 400 metri di altezza relativa.

Il volo è stato eseguito nella prima decade di aprile 2007, in condizioni quindi ottimali per quanto riguarda lo stato della vegetazione. La presenza di molta vegetazione non pregiudica comunque la riuscita del lavoro; certamente con scarsa vegetazione a pari condizioni geometriche di volo è più alto il numero di punti rilevati sul terreno e risulta inferiore il numero di punti corrispondenti a elementi della vegetazione.

Il volo è stato pianificato e realizzato per l'ottenimento di almeno 7 punti per metro quadrato. In *Figura 1* è riportata la copertura del lavoro per quanto riguarda l'area del Seveso. La nuvola di punti e le ortofoto sono suddivise in parti tali da avere una dimensione facilmente gestibile. Per l'esito del rilievo da 200 metri di quota relativa si tratta di 95 parti di dimensioni pari a 150 x 150 metri; per

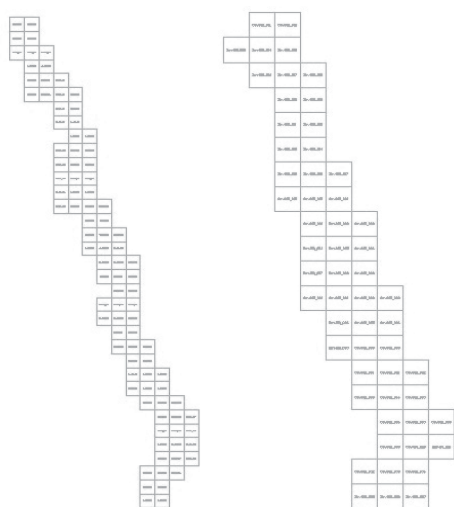


Figura 1 - Lo schema di ricoprimento dell'area del Seveso da 200 e da 400 metri di volo

quello da 400 metri di quota relativa si tratta di 57 parti di dimensioni pari a 250 x 250 metri.

I file relativi alle nuvole di punti, aventi estensione .LAS, hanno nel primo caso dimensione minima pari a 96 kyt e dimensione massima pari a 41 kyt e; in totale i 5 km circa di fiume rilevato generano una occupazione di memoria di 893 Mbyte, con un valore di circa 180 Mbyte/km. I file corrispondenti nel caso del volo da 400 metri occupano al minimo 171 kyt e ed al massimo 15955 kyt e; in totale i 5 km generano una occupazione di memoria di 3 Mbyte, con un valore medio di circa 90 Mbyte/km. Raddoppiando la quota di volo quindi si dimezza l'occupazione di memoria per km rilevato.

Esplorazione della nuvola di punti

Per ogni fiume/torrente è stato predisposto un quadro d'insieme con la suddivisione del rilievo in parti in modo da gestire in maniera più semplice la continuità territoriale del risultato.

Ogni punto di interesse della nuvola restituita è stato interrogato con apposito software. Sono leggibili le coordinate X, Y e Z in UTM-WGS84 e quota ortometrica (la quota è ellissoidica prima di eseguire le necessarie trasformazioni), il tipo di eco che lo ha generato e la potenza del segnale ricevuto (*Figura 2*). Appositamente non sono state eseguite classificazioni o puliture del dato.

Per l'indagine è stato utilizzato il programma Lasedit di gestione delle nuvole di punti che è stato consegnato da CGR stessa ed il programma di visualizzazione delle ortofoto digitali in formato ECW. Per introdurre all'utilizzo delle nuvole di punti si è riportato in *Figura 3* la visione nadirale di

uno dei file. Sono evidenti tutti i punti rilevati, colorati in modo automatico in funzione della quota e del tipo di risposta (numero di eco). Si nota abbastanza chiaramente la variazione di densità di punti rilevati a terra in funzione delle metodologie di azione dello scanner, in questo caso a tracciato circolare. La stessa nuvola di punti, osservata di lato, genera la *Figura 4*: in viola si vedono le parti più basse che in questo caso corrispondono proprio con il greto del fiume Seveso. E' evidente la capacità di "forare" la vegetazione del laser scanner e quindi di arrivare a fornire informazioni al suolo anche quando dall'ortofoto non è recuperabile alcunché.

E' anche immediato individuare la posizione (e quindi la larghezza e la profondità) del Seveso; l'unico elemento che non dà risposta è l'acqua e quindi sul greto del fiume danno risposta esclusivamente i ciottoli che emergono dall'acqua. Inoltre il software consente sia l'esplorazione per sezioni del territorio da indagare che la sua visione in 3D. Si può notare, nel caso analizzato in *Figura 5* come sia possibile ricercare nella nuvola la posizione di due scarichi sull'alveo del fiume, la cui collocazione non è comprensibile dall'ortofoto.

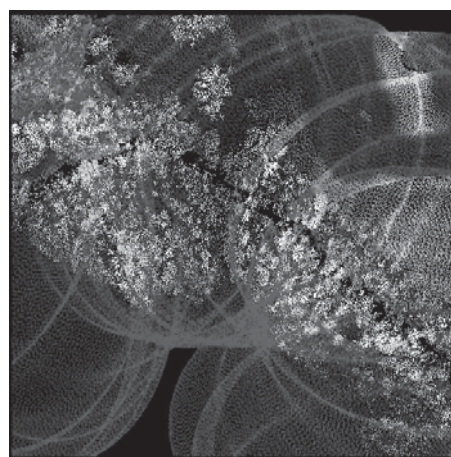
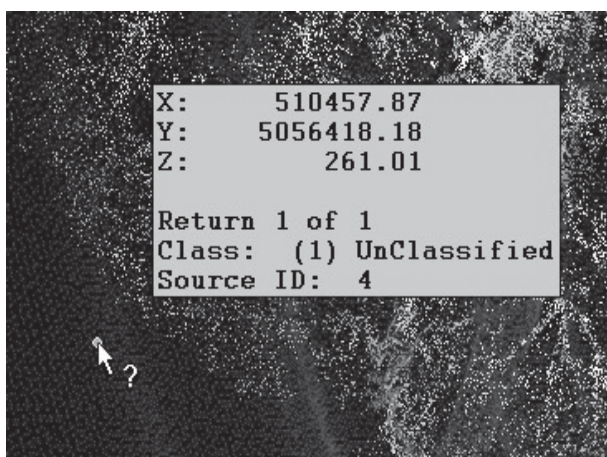


Figura 2 e 3 – Interrogazione di un punto rilevato e visione nadirale della nuvola di punti.

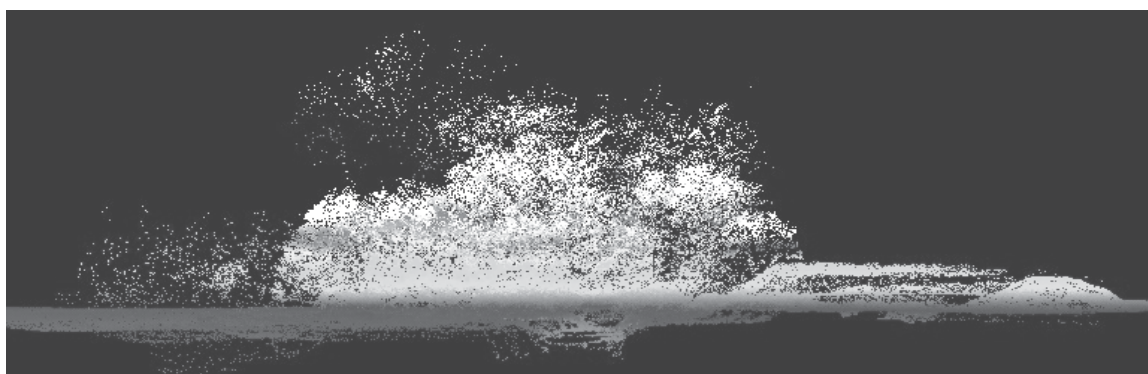


Figura 4 – La nuvola di punti osservata in modo trasversale.

Nella *Figura 6* si nota chiaramente come gli scarichi siano ben visibili anche nella nuvola di punti e che la colorazione li pone ad una quota simile a quella della copertura verde.

Nel modello 3D della *Figura 7* si conferma che gli scarichi sono alla quota della copertura e quindi sono esclusivamente dedicati allo smaltimento delle acque piovane. E' di conseguenza definibile un metodo di lavoro per l'esplorazione della nuvola di punti tridimensionale: si tratta di lavorare ad un alto dettaglio contemporaneamente sulla nuvola di punti e sull'ortofoto, con una attenzione a definire particolari viste 3D che possano aiutare nella interpretazione del contenuto della nuvola di punti stessa. Anche grazie alla visualizzazione per sezioni (vedi *Figura 8*) non è difficile andare ad interpretare e misurare tutto ciò che è stato rilevato.

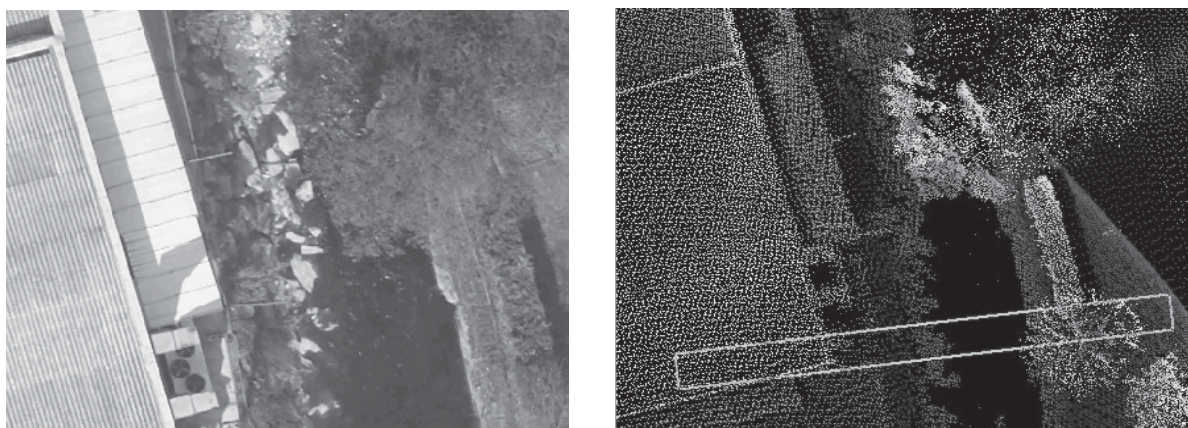


Figura 5 e 6 – I due scarichi sono ben visibili sia nel ortofoto che nella nuvola di punti

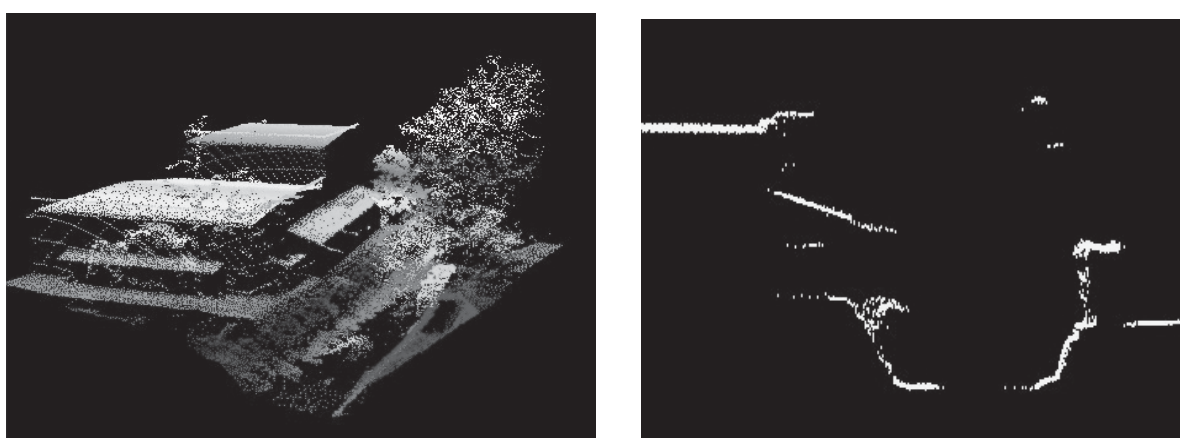


Figura 7 e 8 – I due scarichi sono ben visibili sia nel ortofoto che nella nuvola di punti

Un'altra importante valutazione da eseguire è relativa alla scelta della quota relativa di volo: 200 o 400 metri? Le differenze sono significative? La Figura 9 serve ad analizzare tale aspetto. Nella figura sono messi a confronto immagini differenti dello stesso particolare realizzate da 200 metri (a sinistra) e da 400 metri (a destra) di altezza relativa. Si è cercato di esaltare il livello di zoom. Si nota quindi che nella foto di sinistra, la dimensione dei pixel al suolo permette di definire in modo inequivocabile la sponda del camioncino mentre nella foto di destra tale particolare appare meno definito anche se ancora ben leggibile. Si parla di un particolare che corrisponde a qualche centimetro di larghezza e questo da l'idea di quale livello di dettaglio può essere ricercato sulle ortofoto. Ovviamente è migliore quanto rilevabile da 200 m ma anche la lettura da 400 m di quota relativa è valida.



Figura 9 – Esasperazione del confronto fra ortofoto digitale eseguita da 200 e da 400 metri di quota relativa.

E' comunque necessario arrivare ad un livello di dettaglio nell'ortofoto sufficientemente elevato per distinguere, ad esempio, le linee elettriche, i pali e tutti gli oggetti di piccole dimensioni classificati nel dgr 7/13950 del 2003. Non va dimenticato poi che questi oggetti, oltre ad essere visibili, devono essere rilevabili, cioè è fondamentale definirne la posizione geografica nel sistema di riferimento usato per la gestione del demanio fluviale. Per altre classi, ad esempio la categoria degli attraversamenti in sub-alveo, la definizione degli oggetti è probabilmente impossibile, se non tramite una attenta analisi di altre emergenze poste nelle vicinanze. Ad esempio un sottopasso pedonale di larghezza pari a 3 m deve avere nelle vicinanze i due imbocchi; è quindi possibile individuarlo anche se è quasi certamente impossibile definirne la posizione con una precisione comparabile con l'accuratezza delle mappe catastali se non ricorrendo ad un puntuale e costoso rilievo sul terreno con metodologia topografica classica.

Conclusioni

Il metodo ipotizzato per la gestione delle aree di demanio fluviale certamente è adeguato allo scopo. E' possibile rilevare e successivamente gestire in aggiornamento, buona parte degli oggetti che costituiscono il "demanio fluviale", avviando una attività con notevoli conseguenze economiche positive per la realtà locale lombarda. Il prodotto che in tal modo si ottiene è utilizzabile per molte altre applicazioni, di varia natura; ovviamente può essere reso fruibile per le sole aree che sono interessate dal rilievo dei corsi idrici.

E' utile distinguere in due distinti momenti le fasi relative all'acquisizione del dato dal laserscan e all'analisi della nuvola dei punti con due livelli di approccio differenti.

E' certamente da eseguire la fase di creazione della nuvola di punti attraverso ripresa con laserscanner seguendo le indicazioni tecniche emergenti dalla presente sperimentazione, va invece affrontato con estrema attenzione la fase di ricerca degli oggetti, di vario tipo, presenti nella nuvola di punti e osservabili nell'ortofoto perché l'ampia casistica non ne permette la riduzione ad una procedura standard. A tal proposito durante la sperimentazione si è approfondito questo aspetto assieme ai tecnici di CGR per capire quali dei canoni richiesti dal demanio possono essere rilevati e con che livello di certezza: per ogni canone si è specificato se il dato è rilevabile e con quale livello di probabilità (sempre, qualche volta, raramente, mai). Si tratta ovviamente di una schematizzazione in quanto potrebbero capitare anche dei casi in cui oggetti che è prevedibile non siano visibili, per particolari condizioni locali risultino invece rilevabili.

Il lavoro potrebbe essere ben supportato da un Gis di gestione per la restituzione dalla nuvola di punti in modo da predisporre una banca dati geografica in linea con le finalità di Regione Lombardia, con tools di interazione fra ortofoto digitale, nuvole di punti laser scanner e banca dati catastale.

Riferimenti bibliografici

Regione Lombardia (2003), "Dgr 7/13950 del 1 Agosto 2003 (Allegato C)", *Burl 28 Agosto*.

Grassi M, Lamberti L, Milli M, Nobili A, Rossi M, Surace L. (2007), "Confronto tra rilevamenti batimetrici con laser aviotrasportato multifascio: metodi e risultati", *Atti XI Conferenza Nazionale ASITA*, Torino.

Hilldale R, Bountry J, Piety L. (2008), "Using bathymetric and bare earth LIDAR in Riparian corridors: Applications and challenges", *International Lidar Mapping Forum*, Denver.

Siti internet

www.regione.lombardia.it

www.cgrit.it

www.intesagis.it