POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Pro-Vision: un approccio innovativo per l’analisi della visibilità in ambito stradale. Test e risultati

Original
Pro-Vision: un approccio innovativo per l’analisi della visibilità in ambito stradale. Test e risultati / Bassani, M., Grasso, N., Lingua, A.M., Piras, M.. - ELETTRONICO. - (2015), pp. 81-86. (19° convegno ASITA Lecco 29 settembre - 1 ottobre 2015).

Availability:
This version is available at: 11583/2628331 since: 2016-01-15T16:43:16Z

Publisher:
ASITA

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

24 November 2026

Pro-Vision: un approccio innovativo per l'analisi della visibilità in ambito stradale. Test e risultati

Marco Bassani, Nives Grasso, Andrea M. Lingua, Marco Piras

Politecnico di Torino, DIATI, C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129, Torino, 011-090(5635,7700,7661), nome.cognome@polito.it

Riassunto

L'analisi di sicurezza stradale si pone l'obiettivo di ridurre l'incidentalità e soprattutto la mortalità ad essa associata. Ciò vale soprattutto in ambito urbano in cui si registra il 75% degli incidenti: qui le condizioni di conflittualità tra le diverse utenze impongono una revisione dei criteri e delle scelte di organizzazione spaziale della sede stradale e dei margini al fine di migliorare le condizioni di visibilità. Proprio in ambito urbano, troppo spesso, lo spazio di visibilità disponibile (SVD) dal punto di osservazione dell'utenza motorizzata, ossia lo spazio che separa l'utente dal punto visibile più lontano lungo la traiettoria che sta per affrontare, risulta inferiore allo spazio di sicurezza necessario all'esecuzione delle più rilevanti manovre di guida, su tutte l'arresto di emergenza di fronte ad ostacoli imprevisti. Il progetto PRO-VISION, appena conclusosi e finanziato dalla Regione Piemonte come progetto per i Poli di Innovazione, ha avuto la finalità di introdurre metodi innovativi proprio nell'analisi di visibilità. Il progetto si inquadra tra quelli improntati ad un miglioramento della qualità della vita nelle aree urbane in ambito di SmartCity. Il progetto, prevedeva l'uso di strumenti di rilevamento dinamici di tipo "low-cost", assemblati per lo sviluppo di un sistema prototipale tipo "mobile mapping" da impiegarsi nella formazione di un database tridimensionale utile allo sviluppo di modelli geometrici 3D dai quali derivare l'SVD.

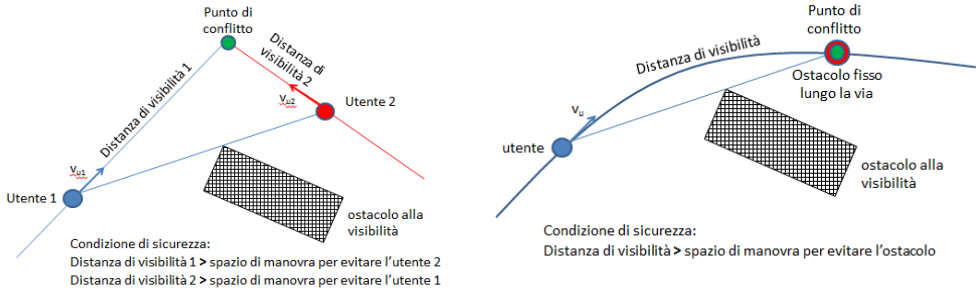
Nell'analisi delle visibilità sono stati simulati alcuni scenari in cui, a partire dai modelli geometrici 3D e dalla traiettorie percorse dall'utenza è stato ricreato il punto di vista del guidatore e la linea di traguardo tra lui e il potenziale ostacolo sulla traiettoria, individuando le potenziali ostruzioni che inficiano la SVD. In questo lavoro si presentano le fasi del progetto e i risultati ottenuti.

Abstract

The safety analysis of roads aims to reduce the accident rate and the associated mortality. This is especially true in urban areas where the 75% of total accidents occur: here the conditions of conflict between different users require a revision of the criteria and choices of spatial organization of the roadway and margins to improve the visibility. In fact, just in the urban context too often the available sight distance , that is the space that separates the user from the farther visible point along its trajectory, is less than the distance needed to execute the most relevant driving maneuvers, overall the stopping in front of unexpected obstacles. The PRO-VISION Project, funded by the Piedmont Region as a project for Innovation Poles, had the objective of developing innovative methods for the analysis of visibility in the field of SmartCity. The project was based on the use of low-cost devices for the development of a "mobile mapping" prototype system to generate a three-dimensional database for the formation of 3D geometric models to derive the SVD. The sight analysis was performed on a geometric model in which starting from the 3D geometric models and the trajectories of users and obstacles calculated in a rigorous manner, the driver's point of view and the sight line between him and the obstacle were recreated, identifying potential obstructions affecting the visibility. This paper presents the stages of the project and its results.

Introduzione

La sicurezza delle infrastrutture stradali dipende anche dallo spazio di visibilità disponibile (SVD) all'utenza motorizzata, che ne usufruisce per l'esecuzione di alcune manovre fondamentali in campo stradale (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001). Nel caso di strade esistenti, un deciso miglioramento delle condizioni di sicurezza è attuabile attraverso il soddisfacimento di minime condizioni di visibilità reciproca tra utenti e potenziali ostacoli nei punti di conflitto. A titolo di esempio, in Figura 1 si riportano due casi di potenziali punti di conflitto.



Caso 1: visibilità in intersezione tra utenti

Caso 2: visibilità lungo l'asse

Figura 1 - Fattore di variazione dell'incidentalità per strade extraurbane secondarie a due corsie.

Il caso 1 riguarda l'interazione tra due veicoli in corrispondenza dei potenziali punti di conflitto o di intersezione. Affinché i due veicoli possano superare il punto di conflitto, nel rispetto delle regole di precedenza, i rispettivi guidatori devono poter avere una distanza di visibilità di lunghezza superiore allo spazio di manovra necessario a evitare il conflitto stesso. Il caso 2 riguarda l'interazione di un veicolo e di un potenziale ostacolo fisso presente lungo la traiettoria; la distanza di visibilità misurata lungo la traiettoria deve essere superiore allo spazio di manovra necessario ad evitare l'ostacolo (in questo caso l'arresto).

La verifica di visibilità è una procedura prevista dalle norme tecniche di progettazione stradale vigenti in Italia, ed è atta a valutare l'adeguatezza di spazi liberi da ostacoli entro i quali possono essere svolte, in totale sicurezza, le azioni fondamentali dei veicoli in marcia quali, ad esempio, l'arresto di fronte a ostacoli fissi e lo spostamento trasversale sulla sede di competenza per il sorpasso o per l'uscita dalla sede in corrispondenza di intersezioni o deviazioni. La verifica è attuabile per mezzo dei software impiegati nell'ambito della progettazione stradale.

Nonostante negli ultimi 20 anni tali software siano stati continuamente aggiornati con moduli specifici in grado di stimare l'SVD, la sua valutazione rappresenta un problema nel caso si voglia valutarla nel caso di strade esistenti, nonostante che la normativa italiana, ad oggi, ne preveda l'esecuzione per le sole infrastrutture di nuova realizzazione.

In questo lavoro si illustrano i risultati finali ottenuti nel progetto PRO-VISION, in cui si sono trattati proprio i due casi sopradescritti, con l'intento di sviluppare uno strumento prototipale innovativo tipo *mobile mapping* (MMS) con sensori di basso costo (webcam e sistemi di posizionamento integrato) e lo studio di algoritmi per la stima e verifica del parametro SVD. Dai dati acquisiti dal sistema prototipale e con il supporto di database tridimensionali dell'ambiente circostante, derivano i valori di SVD che sono stati confrontati con i valori richiesti dalla normativa e dalla progettazione stradale, in relazione al tipo di infrastruttura.

Il progetto PRO-VISION e l'analisi di visibilità

Il progetto PRO-VISION, studio di Fattibilità dei Poli di Innovazione della Regione Piemonte, ha avuto una durata di un anno ed è stato diretto dal Politecnico di Torino in partenariato con due PMI piemontesi, Bea e Synarea.

Nell'ambito del progetto, è stata considerata un'area test sulla quale è stata acquisito un dataset con un prototipo di MMS a basso costo sviluppato dal Politecnico di Torino, al fine di aggiornare il modello di DSM (Digital Surface Model) disponibile. L'area test considerata è quella di corso Castelfidardo in Torino (Figura 2).



Figura 2 - Area test del progetto PRO-VISION.

Uno dei maggiori vincoli nella stima della SVD è la disponibilità di un DSM aggiornato che tenga conto delle reali condizioni in cui l'utente viaggia, inoltre occorre poter integrare tale modello con installazioni temporanee (es. automobili parcheggiate) o di recentissima installazione (es. postazioni bike sharing).
A tale scopo si è provveduto a integrare ed aggiornare i modelli già a disposizione nell'area di cui è stato realizzato un primo modello semplificato dello scenario, comprendente edifici e spazio stradale, a partire da ortofoto a colori con risoluzione di 30 cm, dal modello digitale del terreno (DTM) con una griglia di 5 m e dalla CTR a scala 1:10000 del Comune di Torino, permettendo così una prima identificazione dei vincoli e delle possibili ostruzioni alla visibilità.
L'aggiornamento è stato realizzato attraverso l'uso di un sistema MMS (Cina et al., 2008; Bassani et al., 2012) prototipale installato sia su veicolo e sia su bicicletta, composto da *action-cam* e *webcam* per l'acquisizione di immagini ad alta risoluzione e da ricevitori GNSS a basso costo (ublox 6T), per la georeferenziazione e la sincronizzazione delle immagini (Figura 3).

Modello	Logitec HD Pro Webcam C920	Sony HDR AS100V Action Cam Splashproof	Garmin VIRB Elite
			
Categoria	Webcam	Action-cam	Action-cam
Lunghezza focale [mm]	3,67	2,8	2,8
Dimensione pixel [µm]	2,2	1,12	1,32
Risoluzione immagine [pixel]	1920x1080	1920x1080	1920x1080
Velocità otturatore [fps]	-	30	30

Figura 3 - Caratteristiche dei sensori low cost utilizzati per l'acquisizione delle immagini e video.

Grazie all'utilizzo di procedure basate su algoritmi del tipo *Structure from Motion* (SfM) è stato possibile integrare il modello iniziale con le ostruzioni fisse e permanenti, come arredo urbano, vegetazione, recinzioni, includendo gli elementi che possono essere ricollocati di volta in volta,

come cestini dei rifiuti e automobili parcheggiate. La segnaletica stradale orizzontale è stata ottenuta attraverso restituzione fotogrammetrica di immagini stereoscopiche dell'area d'interesse.
I sensori ottici utilizzati per l'acquisizione delle immagini (*webcam* ed *action-cam*), sono stati calibrati utilizzando l'applicazione di Matlab "Camera Calibrator" e un pannello a scacchiera, al fine di stimare i parametri di distorsione radiale e tangenziale (Aicardi et al., 2014).

La procedura di aggiornamento del DSM è descritto nel flowchart seguente:

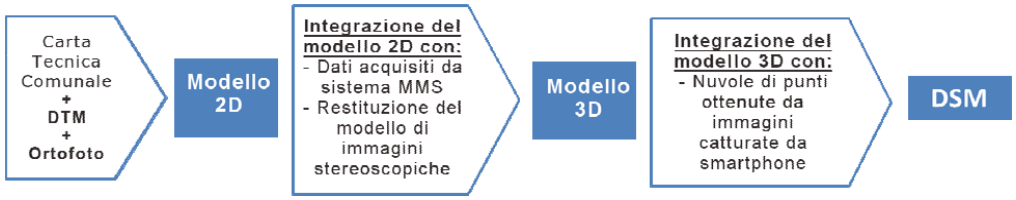


Figura 4 - Flowchart della procedura utilizzata per la realizzazione del DSM.

Al fine di gestire in maniera ottimale il DSM e le sue integrazioni (Figura 5), è stato creato un modello GIS che considera le ostruzioni visive prima citate largamente presenti nelle aree urbane (Figura 6).

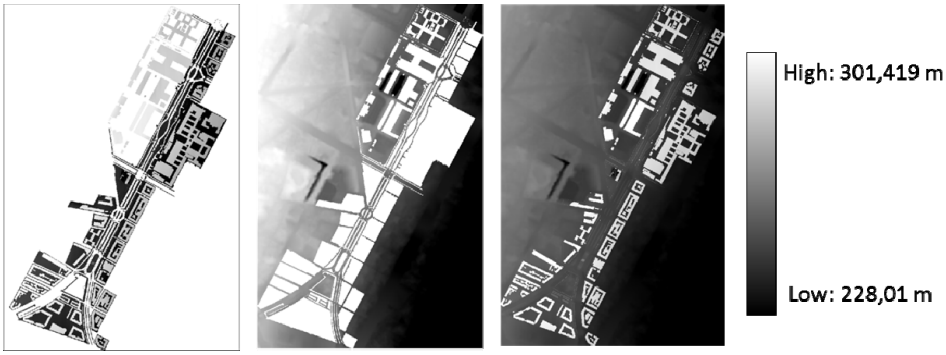


Figura 5 - Modello DSM generato.

Successivamente, il modello tridimensionale è stato utilizzato per generare un modello digitale di superficie (DSM) con il quale è stata eseguita le analisi di visibilità. Queste ultime si basano sulla stima della SVD dal punto di osservazione di un utente generico che si sposta su una traiettoria coincidente con l'asse della corsia occupata, sia che faccia parte di una carreggiata stradale sia che appartenga a un percorso ciclabile.
A tale scopo è stato creato un modello cinematico in grado di definire delle posizioni omologhe tra osservatore e punto osservato in entrambi gli scenari, tenendo conto della velocità consentita sull'infrastruttura, della tortuosità della traiettoria.
A partire dal modello cinematico sono state sviluppate due procedure automatiche per l'esecuzione dell'analisi di visibilità: la prima utilizza il toolbox di ArcGIS "*Line of Sight*" attraverso una sequenza combinata di algoritmi, realizzata per mezzo dello strumento "*ModelBuilder*".

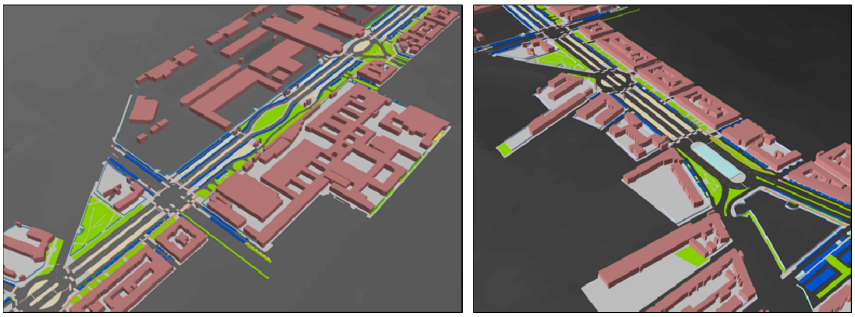


Figura 6 - Modello GIS 3D reallizzato ed utilizzato per le verifiche di SVD.

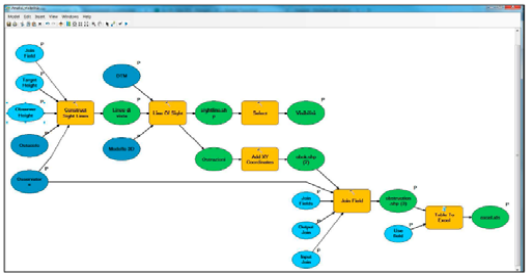


Figura 7 - Toolbox per la analisi di visibilità in ARCGIS creato con modelbuilder.

Nel secondo caso è stata creata una procedura dedicata in Matlab utilizzando la funzione "*los2*", che è stata modificata e adattata al caso. I prodotti generati dagli algoritmi comprendono, oltre alla stima della distanza di visibilità disponibile, anche le coordinate degli oggetti di ostruzione alla visibilità.

Al fine di rendere più evidente la tipologia e la posizione delle ostruzioni limitanti la SVD ad un potenziale "verificatore", si è realizzata una realtà virtuale interattiva della zona test, mediante l'utilizzo dell'ambiente di realtà tridimensionale dedicata chiamato 3DOORS e sviluppato da Synarea. Tutto questo è stato realizzato a partire dai risultati ottenuti (posizioni delle eventuali ostruzioni vs progressiva stradale) e dal modello DSM ottenuto. Lo scopo di tale elaborazione era quello di creare un ambiente in cui si potesse percepire immediatamente quali fossero gli oggetti (permanenti o temporanei) che erano potenziali ostruzioni per la visibilità, creando una scena dal punto di vista del guidatore mentre percorre la traiettoria (Figura 8). Per fare questo è stato necessario definire il formato di scambio dei dati tridimensionali tra i vari software, ricostruendo la zona interessata dai test in un ambiente virtuale, al fine di poter analizzare e simulare le possibili situazioni di impatto causate dalla visibilità ridotta.



Figura 8 - Esempio di frame del video di visualizzazione dell'analisi di visibilità.

Conclusioni

Con il progetto PRO-VISION è stata dimostrata la fattibilità di assempblare strumenti *low-cost* per la costituzione di un prototipo sperimentale da impegarsi nell'esecuzione delle analisi di visibilità anche su infrastrutture già esistenti.

La procedura proposta in questa memoria consente di analizzare correttamente la distanza di visibilità disponibile lungo le infrastrutture stradali e potrebbe essere utilizzata dalle autorità locali proprietarie di strade per valutare la sicurezza intrinseca delle infrastrutture esistenti. Nel caso in cui la verifica di visibilità generi un risultato negativo, è possibile attuare provvedimenti per la correzione del deficit di visibilità.

L'integrazione di diversi formati di dati richiede l'uso di molteplici software che senza dubbio influenzano la qualità del modello, con una conseguente riduzione di risoluzione del DSM. Alla luce dei risultati ottenuti, in futuro si renderà opportuno migliorare la procedura automatica per l'aggiornamento del modello tridimensionale, tramite l'uso di dati acquisiti per mezzo di strumenti possibilmente ancora di basso costo per produrre direttamente i modelli 3D descriventi lo spazio stradale.

In questo caso studio è stato anche contemplato l'utilizzo di *smartphone* per l'integrazione del modello con gli oggetti costituenti l'arredo urbano; per il futuro si prevede un uso sempre più spinto di questi strumenti, che essendo dotati anche di sensori di posizionamento oltre a quelli per la cattura di immagini e video, consentono di concentrare le attività di ricerca sul tema del *crowd-mapping*, (coinvolgimento di persone nello scambio di informazioni georeferenziate) per un aggiornamento continuo del modello.

Ringraziamenti

La ricerca presentata in questo articolo fa parte del Progetto Pro-Vision (Titolo: *Sistema Prototipale per le Verifiche di Visibilità su Infrastrutture di Trasporto Esistenti in Ambito di Smart City*), finanziata dalla Regione Piemonte (F.E.S.R. 2007/2013).

Gli autori ringraziano BEA srl per la collaborazione e lo sviluppo del sistema di acquisizione e Synarea per la realizzazione del modello dell'infrastruttura in ambiente virtuale.

Riferimenti bibliografici

Aicardi I., Lingua A., Piras M., 2014. Evaluation of Mass Market Devices for the Documentation of the Cultural Heritage. *Inter. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5, pp. 17-22.

Bassani, M., Lingua, A., Piras, M., De Agostino, M., Marinelli, G. and G. Petrini. (2012). *Alignment Data Collection of Highways using Mobile Mapping and Image Analysis Techniques*. Transportation Research Board of the National Academies 91st Annual Meeting, Washington D.C.

Cina, A., Lingua, A., Piras, M., 2008. *Low-Cost Mobile Mapping Systems: an Italian experience. IEEE/ION Position Location and Navigation Symposium*. Monterey, California, May 5-8, pp. 1033-1045.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. *Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade*. Decreto Ministeriale n.6792 5 Novembre 2001, Roma, Italia.