

Cartografia ad alta risoluzione della connettività e stima dell'effetto barriera: una metodologia basata su parere esperto e immagini LiDAR

High resolution map of connectivity and barrier effect estimation: an expert-based and LIDAR data-based methodology

Daniele Vettorato¹ Rocco Scolozzi^{2*}

¹ *Università degli Studi di Trento, Dip. Ingegneria Civile ed Ambientale
Via Mesiano, 77 38050 Trento*

^{2*} *Fondazione Edmund Mach, IASMA Centro Ricerca e Innovazione,
Area Ambiente e Risorse Naturali, S. Michele all'Adige, via Edmund Mach, 1, 38010 (TN)
rocco.scolozzi@iasma.it*

Abstract

L'effetto barriera causato da elementi del paesaggio antropizzato è uno dei fattori che limitano maggiormente la mobilità di specie faunistiche e che possono aumentare le probabilità di estinzione di popolazioni già frammentate. Sebbene esistano numerosi studi sulla frammentazione degli habitat rimangono due fattori limitanti nell'applicazione delle metodologie disponibili nelle procedure di VIA e VAS. Il primo è la mancanza di una univoca attribuzione scientifica all'effetto barriera degli elementi fisici e quindi la mancanza della definizione di soglie altimetriche e tipologiche collegate alla capacità di mobilità delle diverse specie faunistiche. La seconda è la complessità nel reperimento dei dati dettagliati riguardanti le caratteristiche fisiche delle barriere, acquisibili solamente attraverso costosi rilievi sul campo e per piccole aree.

Si presenta una metodologia speditiva basata sul parere esperto e sull'analisi di dati altimetrici LiDAR, che mira a fornire una valutazione dell'effetto barriera di elementi fisici di paesaggio, alla scala ecosistemica. Attraverso un'indagine Delphi rivolta alla raccolta di pareri esperti è stato definito l'effetto barriera di elementi del paesaggio (elementi lineari o areali) al movimento di un set di specie (target) rappresentative della vagilità delle comunità animali presenti nell'area di studio (rana, moscardino, riccio, tasso, capriolo), un'area del fondovalle della Valsugana (Trentino). Successivamente tramite l'analisi integrata del Modello Digitale della Superficie (DSM) ad altissima risoluzione ricavato dal rilievo LiDAR e della carta dell'uso del suolo, sono state identificate spazialmente le potenziali barriere fisiche al movimento di specie faunistiche target.

Tale approccio speditivo e semiautomatico può essere integrato efficacemente in analisi di paesaggio o procedure come la VIA e la VAS al fine di definire gli effetti sulla connettività causati dai potenziali cambiamenti di uso del suolo. La metodologia fornisce una valutazione degli impatti potenziali e supporta anche l'identificazione di aree importanti per una successiva progettazione e monitoraggio di misure mitigative e/o compensative.

1. Introduzione

La connettività ecosistemica è un fattore cruciale per il mantenimento della biodiversità in territori antropizzati (Opdam *et al.*, 2003). La connettività degli habitat supporta veri e propri processi ecologici che svolgono un importante ruolo nella resilienza degli ecosistemi (Lundberg & Moberg, 2003). D'altra parte, nei fondovalle alpini le aree naturaliformi sono generalmente disperse e sempre più isolate da infrastrutture ed usi antropici del territorio. In questi contesti, la frammentazione antropogenica si aggrava a causa degli elementi geomorfologici quali pareti rocciose, ripidi versanti vallivi, reticoli idrografici che sinergicamente limitano la connettività degli habitat. Le popolazioni di specie di fauna terrestre legate a tali habitat o alle piccole aree protette di fondo valle (es. SIC, biotopi protetti), rischiano estinzioni locali, se la gestione del territorio e la pianificazione, pur conservando integre le aree, non prevedono una minima bio-permeabilità tra loro (La Rovere *et al.*, 2006).

Gli strumenti disponibili per un'analisi della permanenza delle popolazioni (quindi delle specie) in un territorio, come la population viability analysis (Akçakaya & Sjögren-Gulve, 2000; Vos *et al.*, 2001), sono spesso basati sulla teoria della metapopolazione (Hanski, 1994) e richiedono risorse per campionamenti e tempi di monitoraggio e raccolta dati (Coulson *et al.*, 2001) difficilmente disponibili in am-

bito di pianificazione territoriale e di valutazione ambientale (VIA, VAS). Recenti applicazioni della teoria dei grafi alla connettività degli habitat (es. Minor & Urban, 2008; O'Brien *et al.*, 2006; Pascual-Hortal & Saura, 2007) si sono mostrate efficaci nell'analisi della connettività intesa come configurazione spaziale degli habitat. In questi sviluppi, tuttavia, sembra mancare un supporto operativo alla pianificazione a scala locale (es. comunale). A questa scala, specialmente nelle regioni alpine, variazioni di uso del suolo anche molto localizzate possono modificare irreversibilmente la possibilità di dispersione della fauna terrestre.

L'intento dello studio, di cui in questo testo si presenta una parte, è quello di supportare decisioni e valutazioni nell'ambito della pianificazione territoriale e della valutazione degli impatti ecologici correlati al cambiamento di uso del suolo. Nello sviluppo, un'attenzione particolare è stata dedicata all'applicabilità del metodo in contesti di risorse limitate e alla comprensibilità dei risultati anche da parte di non-ecologi. Il contributo innovativo dell'approccio proposto si basa sull'utilizzo di dati altimetrici ad altissima risoluzione prodotti tramite rilievo LiDAR e dei grafi spaziali nella rappresentazione della connettività funzionale (specie-specifica) a scala ecosistemica locale.

Il metodo è stato applicato ad un contesto di fondo valle alpino, la Valsugana, nella parte alta del bacino del fiume Brenta (in provincia di Trento), tra i comuni di Pergine e di Roncigno. In particolare l'area di studio è situata sotto i 700 m di quota, per una superficie totale di circa 100 km². I confini dell'area di studio sono stati definiti sulla base della geomorfologia e della presenza di aree urbane, fattori che costituiscono presumibili discontinuità ecologiche del territorio.

2. Metodologia e procedura

La metodologia è composta dai seguenti passi:

1. selezione delle specie target e raccolta informazioni sulla capacità di movimento, di dispersione, definizione delle esigenze di habitat (profili ecologici);
2. foto-interpretazione e riclassificazione delle classi di copertura secondo EUNIS (3° livello) in termini di idoneità di habitat sulla base dei profili ecologici
3. definizione delle categorie di elementi barriera e stima dell'effetto barriera da parte di esperti a livello nazionale, coinvolti in un'indagine Delphi (Scolozzi, 2008);
4. localizzazione delle barriere e loro caratterizzazione per l'area di studio, tramite analisi dei dati altimetrici LiDAR e rilievi di campo;
5. disegno del grafo spaziale delle connettività, caratterizzazione delle connessioni (archi del grafo) ovvero definizione della probabilità di connessione tra patch (Scolozzi, 2009).

Di seguito si presenta nello specifico solo il passo 4, relativo alla localizzazione e classificazione delle barriere fisiche lineari tramite dati LiDAR, per gli altri passi si rimanda ai lavori citati.

Il dato LiDAR (Light Detection and Ranging) si presenta come una nuvola di punti vettoriali quotati ad altissima risoluzione che descrive la superficie terrestre. In questo studio i dati LiDAR sono stati resi disponibili dalla Provincia Autonoma di Trento (PAT 2008). Gli attuali strumenti di analisi dei dati LiDAR permettono due operazioni di base utilizzate in questo studio: la separazione e l'eliminazione degli oggetti che insistono sulla superficie terrestre e quindi la creazione di un DTM che rappresenta la cosiddetta "nuda terra" (Hu 2003), l'analisi delle discontinuità altimetriche e morfologiche al fine di identificare spazialmente elementi con caratteristiche geometriche predefinite (Wood 1996). In questo studio sono stati identificati spazialmente gli elementi fisici lineari del paesaggio caratterizzati da una significativa discontinuità altimetrica e morfologica, per esempio muretti a secco, arginature di corsi d'acqua, strade e altre strutture in rilievo. Nello specifico la procedura di estrazione delle discontinuità è presentata nella Fig.1, nelle successive si presentano i risultati intermedi, quali la mappa delle pendenze (*Slope*), la mappa dei profili di convessità (*Profile Convexity*), che sono stati integrati per ottenere la mappa delle barriere fisiche classificate in 4 intervalli di altezza.

Fig 1. Diagramma della procedura di estrazione delle barriere fisiche dal dataset LiDAR.

Fig.2: Mappe di *Slope* (a) e *Profile Convexity* (b).

Partendo dalla mappa delle barriere e da rilievi di campi sono state definite unità di paesaggio, aree con copertura naturale o semi-naturale continue, delimitate da barriere naturali o artificiali (Fig.4). Queste unità sono state messe in relazione tramite un grafo spaziale, i cui legami sono stati caratterizzati da una probabilità di passaggio (complementare all'effetto barriera) specie-specifico. In Fig. 4b si presenta il risultato dello studio applicato a supporto della pianificazione locale (studio per il PRG del Comune di Roncegno).

Fig. 4 Mappa delle barriere e definizione del grafo spaziale della connettività funzionale

3. Risultati e discussione

La metodologia presentata, seppur ancora in via di sviluppo, contribuisce allo sviluppo di strumenti di analisi della connettività ecologica integrabili nelle procedure di VIA e VAS. E' stato dimostrato come con gli strumenti di rilievo territoriale attualmente disponibili sia possibile minimizzare il tempo necessario per identificare gli elementi del paesaggio che costituiscono barriere fisiche al movimento di specie faunistiche target.

In particolare, dal punto di vista operativo è stata testata:

- l'efficacia del dataset LiDAR e di alcuni algoritmi di analisi geomorfologica nell'estrazione di elementi fisici con caratteristiche geometriche omogenee, in questo caso: elementi lineari con discontinuità altimetrica rispetto al piano campagna;
- la possibilità di integrare un' analisi geomorfologica semiautomatica con il parere esperto;
- la possibilità di derivare, dalle analisi precedenti, dei grafi spaziali che descrivono la connettività e le configurazioni spaziali degli habitat e che siano utilizzabili nelle procedure di VIA e di VAS.

Ovviamente la metodologia ha dei limiti, di diverso tipo (teorici e operativi) e diversamente superabili. L'applicazione della metodologia presentata è vincolata alla disponibilità del dato LiDAR per l'area di studio. Dal punto di vista dei software utilizzati è stato riscontrato come non esista un unico programma (commerciale o open-source) che contenga tutti gli strumenti necessari all'applicazione della procedura.

D'altra parte, i processi modellati sono difficilmente misurabili e verificabili, e caratterizzati da una significativa aleatorietà. L'effetto barriera è il risultato dell'interazione tra un manufatto umano (es. strada) e l'animale che dipende dal contesto (es. stagione, condizioni atmosferiche, presenza e frequentazione dell'uomo), dalle condizioni dell'animale (es. fase migratoria o fase riproduttiva, età, equilibrio tra popolazione locale e risorse alimentari locali), da altri fattori sinergici (es. fonti di rumore, una strada rumorosa può costituire una barriera invalicabile anche a distanza). Un ulteriore fattore d'incertezza riguarda l'uso di una o più specie target a rappresentanza della comunità faunistica locale. La selezione delle specie significative per quanto rigorosa può essere influenzata dalla disponibilità di dati o di conoscenze, più che dal reale ruolo di specie indicatrici e rappresentative.

Potenziati sviluppi potrebbero riguardare sia la parte di analisi dati LiDAR e processamento in ambiente GIS sia la parte di modellazione. Nello specifico dell'analisi si pensa al miglioramento della procedura di estrazione delle barriere fisiche da dati LiDAR testando altri filtri morfologici e diversi algoritmi di estrazione di oggetti tridimensionali. Riguardo la modellazione della connettività tramite grafi spaziali, un prossimo passo potrebbe essere volto verso lo studio e modellazione dei flussi potenziali di individui, da cui trarre indicazioni per la sostenibilità o meno della capacità di carico di una configurazione di habitat rispetto ad una altra (per es. paragonando ipotesi progettuali di infrastrutture stradali).

Bibliografia

- Akçakaya H. R. & Sjögren-Gulve P. (2000) Population viability analyses in conservation planning: an overview. *Ecological Bulletins* **48**: 9-21.
- Coulson T., Mace G. M., Hudson E. & Possingham H. (2001) The use and abuse of population viability analysis. *Trends in Ecology & Evolution* **16**: 219-221.
- Hanski I. (1994) Patch-occupancy dynamics in fragmented landscapes. *Trends in Ecology & Evolution* **9**: 131-135.
- Hu, Yong (2003) *Automated Extraction of Digital Terrain Models, Roads and Buildings Using Airborne Lidar Data*, (URL: <http://www.geomatics.ucalgary.ca/links/GradTheses.html>)
- La Rovere M., Battisti C. & Romano B. (2006) Integrazione dei parametri eco-biogeografici negli strumenti di pianificazione territoriale. In: *XXVII Conferenza Italiana di Scienze Regionali*. Associazione Italiana di Scienze Regionali, Pisa, Italy.
- Lundberg J. & Moberg F. (2003) Mobile Link Organisms and Ecosystem Functioning: Implications for Ecosystem Resilience and Management. *Ecosystems* **6**: 87-98.
- Minor E. S. & Urban D. L. (2008) A Graph-Theory Framework for Evaluating Landscape Connectivity and Conservation Planning. *Conservation Biology* **22**: 297-307.
- O'Brien D., Manseau M., Fall A. & Fortin M.-J. (2006) Testing the importance of spatial configuration of winter habitat for woodland caribou: An application of graph theory. *Biological Conservation* **130**: 70-83.
- Opdam P., Verboom J. & Pouwels R. (2003) Landscape cohesion: an index for the conservation potential of landscapes for biodiversity. *Landscape Ecology* **18**: 113-126.
- Pascual-Hortal L. & Saura S. (2007) Impact of spatial scale on the identification of critical habitat patches for the maintenance of landscape connectivity. *Landscape and Urban Planning* **83**: 176-186.
- PAT - Provincia Autonoma di Trento (2005). *Capitolato speciale d'oneri, Rilievo Lidar della Provincia Autonoma di Trento*. Servizio Urbanistica e Tutela del Paesaggio, Trento.
- Vos C. C., Verboom J., Opdam P. F. M. & Ter Braak C. J. F. (2001) Toward Ecologically Scaled Landscape Indices. *The American Naturalist* **158**: 24-41.
- Wood, J.D. (1996) The geomorphological characterisation of digital elevation models *PhD Thesis, University of Leicester, UK*, <http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/phd>

Fig 1. Diagramma della procedura di estrazione delle barriere fisiche dal dataset LiDAR.

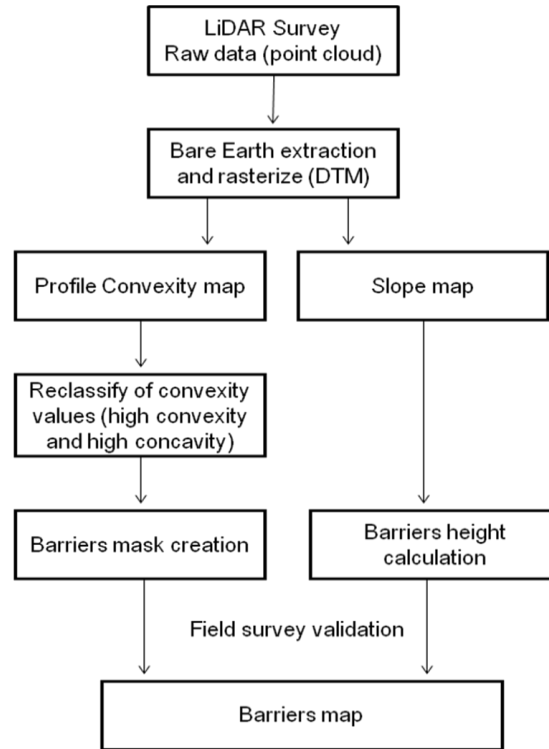


Fig.2: Mappe di *Slope* (a) e *Profile Convexity* (b).

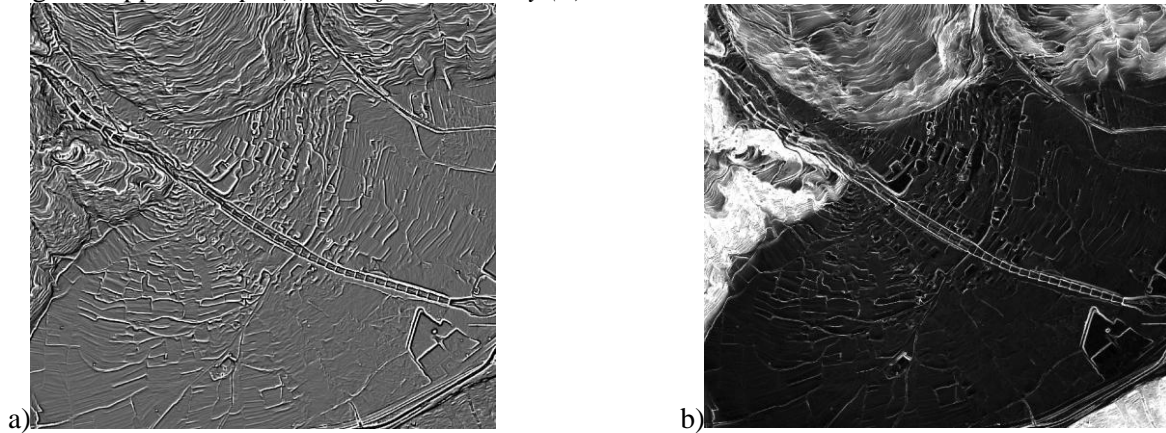


Fig. 3: Mappa delle barriere fisiche classificate secondo 4 categorie di altezza.

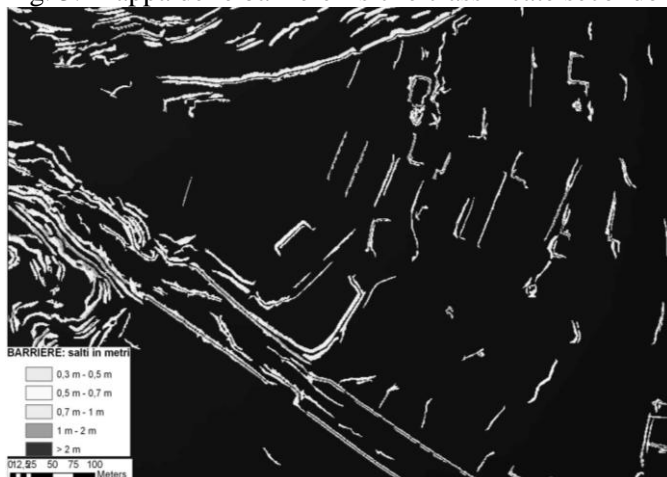


Fig. 4 Mappa delle barriere e definizione del grafo spaziale della connettività funzionale

