

Sistemi APR per la valutazione e la mappatura di terrazzamenti agricoli abbandonati: il caso di Rio Freddo

Stefano Brugnaro^(a), Luca Lodatti^(b), Francesco Ferrarese^(c), Salvatore Pappalardo^(d), Daniele Codato^(d), Massimo De Marchi^(d), Federico Gianoli^(d)

^(a) Università degli Studi di Padova, Master in GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, mastergiscience@dicea.unipd.it

^(b) Univ. degli studi di Padova, Progetto "Droni in viticoltura e frutticoltura: geoinformazione per agroecosistemi 4.0 in Veneto e Trentino", POR Fondo Sociale Europeo 2014-2020, Regione Veneto, Obiettivo Generale "Investimenti in favore della crescita e dell'occupazione"(Asse occupabilità - O.T.8-P.1 8.II - O.S. 2 Bando DGR 2216/2016)

^(c) Università degli Studi di Padova, DISSGEA – Dipartimento di Scienze Storiche Geografiche e dell'Antichità

^(d) Università degli Studi di Padova, Master in GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, DICEA – Dipartimento d'Ingegneria Civile Edile ed Ambientale

Abstract

I sistemi agricoli terrazzati ricoprono un ruolo rilevante nell'ambito del territorio collinare e montano, tuttavia in caso di abbandono possono contribuire all'aumento del rischio idrogeologico. Grazie alle più recenti tecnologie di telerilevamento e all'estrazione di dati topografici ad alta risoluzione è possibile valutare l'estensione delle aree terrazzate anche in zone remote ed impervie.

Il presente studio presenta l'elaborazione GIS utile ad identificare le geometrie dei terrazzamenti nell'area di Rio Freddo (VI). L'elaborazione è stata realizzata a partire dal DTM (*Digital Terrain Model*) proveniente da un rilievo effettuato tramite volo SAPR. L'estrazione dei profili dei terrazzamenti è avvenuta attraverso il calcolo della derivata seconda del DTM lungo la direzione di massima pendenza del versante, con l'utilizzo del *tool* GIS di *Profile Curvature*, ed una successiva vettorializzazione.

Accanto al processo di elaborazione, descritto passo-passo, risulta d'interesse la sua applicazione tramite due diversi software GIS, ArcMap™ e QGIS. A partire dallo scarto tra i due processi di calcolo è stato possibile trarre una serie di considerazioni, sulle differenti competenze richieste agli utenti dei due software e sui diversi ambiti di ricerca indicati per il loro utilizzo.

1. Introduzione e presentazione del caso di studio

I paesaggi terrazzati ricoprono un ruolo rilevante nel quadro dei territori collinari e montani, sia dal punto di vista economico che per l'aspetto patrimoniale; nel contesto attuale, a causa dello stato di abbandono e degrado in cui spesso si trovano, possono d'altra parte rappresentare un potenziale rischio idrogeologico. Grazie alle più recenti tecnologie di telerilevamento e ai dati topografici ad alta risoluzione oggi è possibile mappare con notevole grado

di dettaglio le strutture terrazzate presenti sul territorio, compresi i manufatti collocati nelle zone più impervie (Styles, Law, 2012).

L'obiettivo dello studio qui presentato era quello di identificare e mappare le strutture terrazzate nella Valle del Rio Freddo (VI) quantificandone la lunghezza complessiva (Varotto, Ferrarese, 2008). Le attività di rilievo agroambientale realizzate si inserivano all'interno del progetto "MAPTER" dell'Università di Padova, che si è posto come obiettivo quello di mappare e valutare a scala nazionale lo stato di conservazione delle aree terrazzate (Parry ed AA., 2003).

I terrazzamenti agricoli nell'area di Rio Freddo, storicamente fondamentali per l'economia di questo territorio, hanno subito un repentino abbandono dopo il 1966 in seguito all'alluvione che ha distrutto i collegamenti ed isolato alcune contrade rurali della valle (Busati Pasquali, Busati Mori e Busati Grisi). In seguito a questo evento tali nuclei insediativi sono stati abbandonati e gli abitanti sono migrati verso i centri abitati vicini, in particolare verso Arsiero.

I terrazzamenti agricoli ricoprono tuttora ampie porzioni sui due versanti della valle, ma non sono visibili in quanto interamente coperti dalla vegetazione, risultano assenti dalla cartografia tecnica regionale e talora sconosciuti agli stessi abitanti (Varotto, 2008). Per tali motivi il rilievo tramite SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto, o droni) è stato scelto per mappare le strutture terrazzate, valutarne lo stato di conservazione e le eventuali implicazioni circa il potenziale rischio idro-geologico (Jones ed AA., 2000).

2. Materiali e metodi

Il SAPR utilizzato per il rilievo è stato un Multirobot G4 Surveying Robot, equipaggiato con la fotocamera Olympus E-PL5 ed ottica Panasonic 14 mm. L'area coperta aveva un'estensione totale di 25 ettari: è stata rilevata da un'altezza di 110 metri dal

suolo, con una velocità di 5 m/s. Complessivamente il rilievo ha avuto la durata di 54 minuti ed è stato suddiviso in 5 voli; il rilievo ha restituito 500 fotografie con una risoluzione a terra di 3 cm/pixel. Per la georeferenziazione delle immagini e del modello sono stati battuti topograficamente con GPS Leica 20 punti di controllo a terra (Weiss, 2001).

I dati ottenuti hanno consentito di estrarre tramite *step* successivi le geometrie dei terrazzamenti abbandonati, utilizzando l'algoritmo di *Profile Curvature* basato sul calcolo della derivata seconda del *Digital Terrain Model* (DTM) (Liu, Zhang, Peterson, 2009). Per il calcolo della lunghezza dei terrazzamenti è stato utilizzato il software di *Structure for Motion* (SfM) Pix4D, con il quale è stato possibile estrarre un Modello di Superficie del Terreno (DSM) ed un Modello Digitale del Terreno (DTM), quest'ultimo con una risoluzione a terra di 0,2 m, georeferenziato nel Sistema di Riferimento WGS84 (fuso 32N, EPSG 32632).

Le elaborazioni successive hanno sviluppato un *workflow* comprensivo di analisi vettoriali e raster, per le quali si è andati ad utilizzare sia il software ESRI ArcGIS™ che il software QuantumGIS. Infatti uno degli obiettivi del lavoro è stato quello di confrontare la stessa o analoga procedura messa in pratica con sistemi informativi geografici diversi. Tale scelta è stata fatta in considerazione

dell'interesse presentato dall'affrontare una medesima elaborazione (*workflow*) con sistemi che dispongono degli stessi *tool* ma compilati in modo (parzialmente o completamente) diverso. L'iter complessivo delle elaborazioni si è svolto suddividendo il lavoro in due macro-fasi, la prima relativa alla gestione dei dati raster, la seconda per il trattamento dei dati vettoriali.

2.1 Analisi raster

I dati raster vengono usati nelle applicazioni GIS quando si vogliono analizzare ed estrarre delle informazioni che sono continue lungo un'area e che non sono facilmente divisibili in *feature* vettoriali. Per la prima estrazione dei terrazzamenti abbandonati è stato sfruttato l'algoritmo *curvature* di ArcGIS per calcolare la derivata seconda del dato raster del DTM (Tagil, Jenness, 2008), ottenendo quindi i flessi, corrispondenti ai punti di rottura della pendenza lungo la direzione di massima pendenza del versante (*profile curvature*, o *profc*).

Tale processo permette di individuare i terrazzamenti nel settore rilevato, in quanto si presentano appunto come interruzioni della pendenza del versante, quindi con alti valori del *profc*. Altre analisi raster applicate sono state l'estrazione del reticolo idrografico per l'identificazione dei diversi bacini, mediante il tool *Hydrology* di ArcGIS, e la realizzazione di un profilo di illuminazione del versante per una validazione grafica dei dati sulla pendenza, con l'utilizzo del tool *Hillshade*.

I dati raster per l'individuazione dei terrazzamenti, appena estratti, si presentavano allo stato grezzo con una notevole componente di rumore di fondo, quindi poco leggibili. Per effettuare un affinamento del modello si è proceduto a individuare le porzioni di raster che includevano valori maggiori della Deviazione Standard, estraendo i *profile curvature* superiori al valore corrispondente.

Il raster così ottenuto possedeva una profondità di 32 bit in virgola mobile ed è stato necessario convertirlo in valori interi utilizzando il tool *Int*, che ha restituito il raster come una matrice di valori compresi fra 0 ed 1.

Prima di passare alle elaborazioni vettoriali si è proceduto inoltre a migliorare questo dato, assottigliando le celle di valore non nullo: utilizzando il comando *Thin* si è eseguita questa procedura e si è giunti ad ottenere un raster più nitido, conferendo maggiore precisione alla conversione in linea vettoriale.

2.2 Analisi vettoriali

Il raster era così pronto per le elaborazioni vettoriali, che hanno consentito di individuare le geometrie dei terrazzamenti e di calcolare il valore finale della loro lunghezza, fornendo infine un valore numerico a partire dai dati telerilevati.

Come primo step si è convertito il modello raster in un insieme di *feature* vettoriali lineari, andando a utilizzare il tool *raster to polyline* di ArcGIS. I dati vettoriali ottenuti presentavano una componente significativa di rumore di fondo, quindi sono stati raffinati utilizzando dapprima una maschera che ha consentito di escludere ciò che non rappresentava i reali terrazzamenti e quindi operando un *clip* tra il file vettoriale calcolato ed i vettori appena ottenuti.

Per operare una ulteriore pulizia dei dati risultanti, si sono mantenuti solamente i vettori di lunghezza superiore a 2,7 metri, scartando tutti quelli di lunghezza inferiore, in quanto considerati da una *display analysis* come semplice componente di rumore.

L'ultima elaborazione è stata quella di *smoothing*, con una riduzione della geometrie generate durante i processi precedenti ad una serie di segmenti lineari, per questo si è utilizzato l'algoritmo *peak* impostando un valore di tolleranza di 20 metri.

2.3 Il processi di analisi mediante ArcGIS e QGIS

Qui si seguito, nella **Tabella 1**, si riporta per intero il procedimento (*workflow*) eseguito con il software ArcGIS e con il software QGIS, a partire dal caricamento del DTM entro l'ambiente di lavoro.

Tab.1: Confronto delle operazioni compiute con i software ArcGIS e QGIS

Operazioni compiute con ArcGIS	Operazioni compiute con QGIS
1. Importazione del DTM in ambiente GIS nel Sistema di Riferimento impostato (EPSG 32632);	1. Caricamento del DTM in ambiente QGIS; 2. Realizzazione di un Mapset mediante GRASS GIS per lavorare utilizzando gli algoritmi di GRASS; 3. Importazione del DTM in ambiente GRASS mediante il tool <i>Importa raster in GRASS</i> dalla vista QGIS (<i>r.in.gdal.qgis</i>);
2. Calcolo dell'ombreggiatura mediante il tool <i>Hillshade</i> ;	4. Calcolo dell'ombreggiature mediante il tool <i>r.relief</i> ;
3. Calcolo della derivata seconda del DTM mediante il tool <i>Curvature</i> ;	5. Calcolo del profile Curvature usando il tool <i>r.parameter.scale</i> , impostando come parametro morfometrico per l'output il profC, ed inoltre impostato un <i>ODDNumber</i> pari a 5;
4. Utilizzo del calcolatore Raster per impostare il Profile appena calcolato (<i>profC</i>) su valori maggiori della Deviazione Standard;	6. Esportazione del profile Curvature estratto in ambiente QGIS mediante il tool <i>r.out.gdal.gtiff</i> ; 7. Estrazione dei parametri statistici (quali anche la deviazione Standard) mediante il plug in <i>Statistica Zonale</i> ; 8. Uso del Calcolatore Raster per impostare il profile Curvature estratto a valori maggiori della deviazione standard;
5. Trasformazione del raster in intero da float tramite il tool <i>Int</i> ;	9. Conversione del Raster in formato Byte mediante il calcolatore Raster <i>GDAL</i> ;
6. Affinamento delle celle il cui valore è Non Nullo, mediante il tool <i>Thin</i> ;	10. Importazione del raster in ambiente GRASS mediante il tool

	<p><i>Importa raster in GRASS dalla vista QGIS (r.in.gdal.qgis);</i></p> <p>11. Attribuzione del valore nullo, in questo caso si imposta lo zero (0) come valore nullo per i successivi calcoli, mediante il tool <i>r.null.val</i>;</p> <p>12. Affinamento delle celle il cui valore è Non Nullo, mediante il tool <i>r.thin</i>;</p>
7. Trasformazione del Raster in un vettore utilizzando il tool di conversione <i>Raster to Polyline</i> ;	13. Trasformazione del raster in un vettore utilizzando il tool di conversione <i>r.to.vect.line</i> ;
8. Pulizia del File vettoriale tramite maschera dell'effettiva area di insistenza dei terrazzamenti;	<p>14. Esportazione dello shp file in ambiente GIS mediante il tool <i>v.out.ogr</i>;</p> <p>15. Pulizia del File vettoriale tramite clip con maschera della pertinenza dei terrazzamenti;</p>
9. Estrazione dei terrazzamenti la cui lunghezza è maggiore di 2,7 metri;	16. Estrazione dei terrazzamenti la cui lunghezza è maggiore di 2,7 metri;
10. Operazione di <i>smoothing</i> delle polilinee.	17. Operazione di <i>smoothing</i> tramite <i>filtro gaussiano</i> .

3. Discussione dei risultati

L'estrazione semi-automatica dei terrazzamenti agricoli abbandonati in Valle di Rio Freddo è stata elaborata sia utilizzando il software ArcGIS (ESRI) che il software QuantumGIS. Quale elaborazione finale è stata calcolata la lunghezza totale dei terrazzamenti, come somma dei singoli segmenti di polilinea. Il processo, compiuto con una metodologia analoga sui due software, restituisce risultati diversi: un valore complessivo *pari a 2.979 m con il software ArcGIS, pari a 3.749 m utilizzando QGIS*.

Lo scarto fra le due cifre ha condotto ad una riflessione al termine del lavoro, sviluppata mettendo in relazione i risultati con le caratteristiche mostrate dai due software usati durante il processo di calcolo ed elaborazione:

- 1) Il software ArcGIS risulta più semplice e intuitivo da usare, in quanto richiede un numero minore di operazioni per portare a termine il medesimo processo di elaborazione, come si può riscontrare nella **Tab.1**; esso si presenta utilizzabile anche da utenti che non possiedono nozioni complete di cartografia e geodesia in ambito GIS, considerando che richiede l'uso di un minor numero di *tool* e *l'input* di un minor numero di parametri; per contro, questa semplicità di utilizzo può comportare l'introduzione di scarti nella precisione nell'iter di calcolo, che in alcuni casi possono essere anche significativi (si vedano i risultati finali);
- 2) Il software QGIS presuppone una conoscenza approfondita tanto del software, in quanto composto da *plugin* e *tool* che possono provenire da ambienti di lavoro diversi (GRASS e QGIS), che dei fondamenti del calcolo cartografico e geodetico; infatti QGIS, oltre ad adoperare un maggior

numero di operazioni per il trattamento dei dati, richiede durante l'elaborazione la scelta dei parametri di calcolo per una serie di *tool* fondamentali per le elaborazioni (ad es. il *kernel* per il calcolo del *profc*); per contro, questa necessità di una supervisione continua e di una maggiore introduzione di dati dell'operatore corrisponde ad una maggiore libertà nella scelta e nell'utilizzo dei *tool* (si veda ad esempio la possibilità di utilizzare una matrice 5x5 per il calcolo del *profc*, mentre ArcMap obbliga all'uso di una 3x3); in questo modo QGIS consente un maggiore controllo di tutte le fasi del processo di elaborazione ed una potenziale maggiore precisione dei risultati finali (si vedano gli esiti dell'elaborazione presentata).

Fig.1: Terrazzamenti estratti con ArcMap da ortofoto, tramite calcolo di *profile curvature*

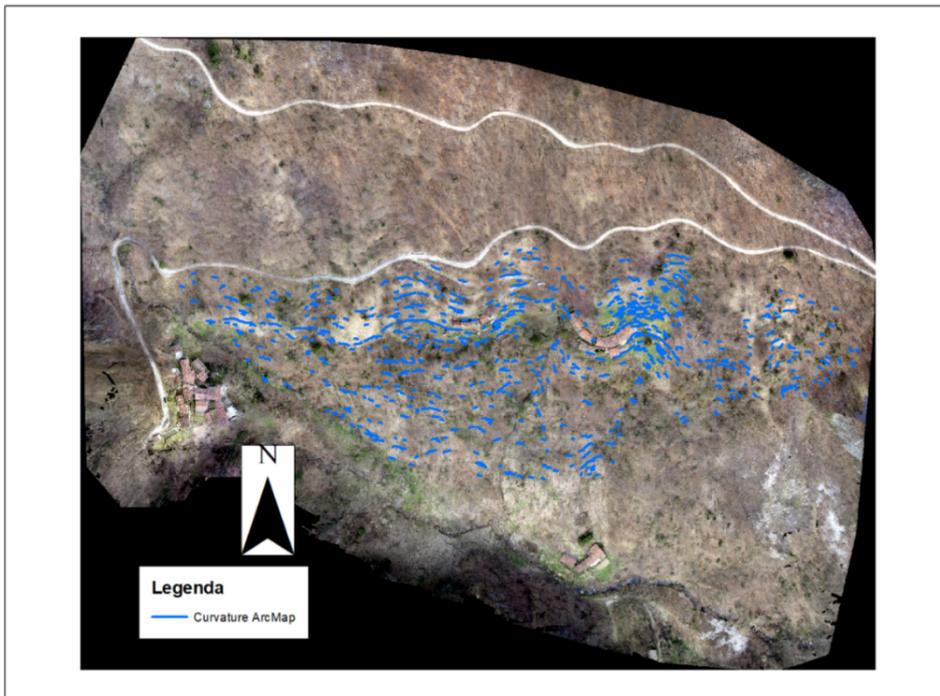
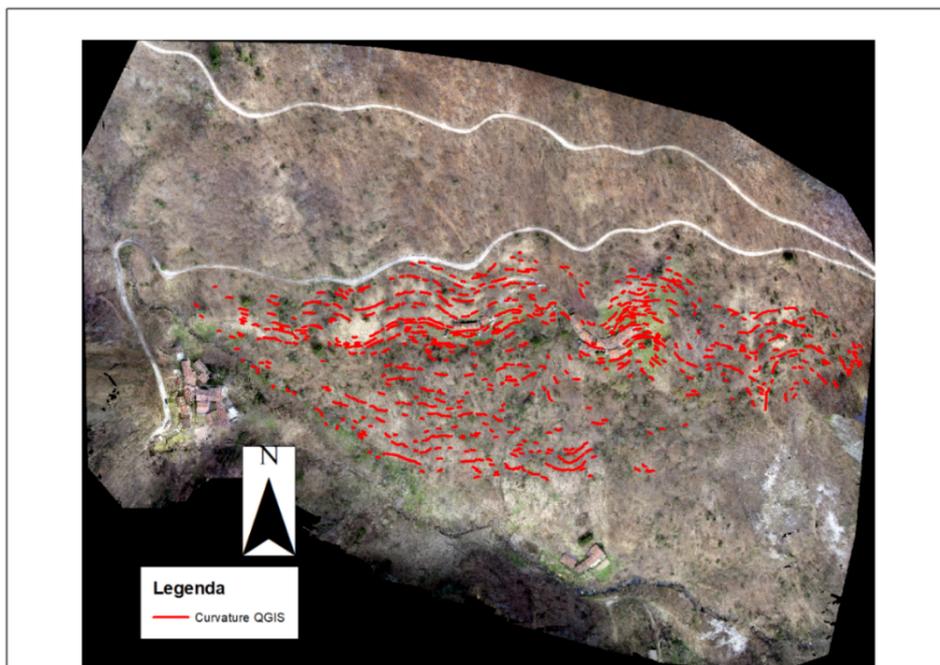


Fig. 2: Terrazzamenti estratti con QGIS da ortofoto, tramite calcolo di *profile curvature*



Il percorso di elaborazione GIS, mirato all'estrazione delle geometrie dei terrazzamenti abbandonati nell'area montana di Rio Freddo, ha allora mostrato un ulteriore aspetto d'interesse nel confronto fra il *workflow* implementato tramite i due sistemi informativi ArcGIS e QGIS.

Il lavoro ha portato alla luce le caratteristiche e le potenzialità diverse dei due software, che emergono come adatti all'uso per operatori ed in contesti differenti. L'uno (ArcMap) alla portata di un pubblico più ampio (studenti, professionisti, ecc.), l'altro (QGIS) indirizzato ad un bacino di ricercatori e tecnici con maggiori competenze specifiche ed alla ricerca di una maggiore precisione del dato.

Bibliografia

- Jones , K.B., D.T. Heggem, T.G. Wade, A.C. Neale, D.W. Ebert, M.S. Nash, M.H. Mehaffey, K.A. Hermann, A.R. Selle, S. Augustine, I.A. Goodman, J. Pedersen, D. Bolgrien, J.M. Viger, D. Chiang, C.J. Lin, Y. Zhong, J. Baker and R.D. Van Remortel, 2000, *Assessing Landscape Conditions Relative to Water Resources in the Western United States: A Strategic Approach*, in *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 64, p. 227-245;
- Liu, X., Zhang, Z. and J. Peterson, 2009, *Evaluation of the performance of DEM interpolation algorithms for LiDAR data*, in Ostendorf, B., Baldock, P., Bruce, D., Burdett, M. and P. Corcoran (ed.), *Proceedings of the Surveying & Spatial Sciences Institute Biennial International Conference*, pp. 771-780;
- Parry, S., King, J.P., Franks C.A.M., Shaw, R., 2003, *Guidelines for Natural Terrain Hazard Studies*, in *GEO Report*, n. 138, p.138-150;
- Styles, K.A., Law, M.H, 2012, *Some Observations about Man-made Features on Natural Terrain in Hong Kong*, in *The Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrology*, v.45, p. 131-138;
- Tagil, S., Jenness, J., 2008, *GIS-Based Automated Landform Classification and Topographic, Landcover and Geologic Attributes of Landforms Around the Yazoren Polje, Turkey*, in *Journal of Applied Sciences*, vol. 8, p. 910-921;
- Varotto M., Ferrarese F., 2008, *Mapping and geographical classification of terraced landscapes: problems and proposals*, in Scaramellini G., Varotto M. (ed.), *Terraced landscapes of the Alps. Atlas*, pp. 38-45;
- Varotto M., 2008, *Sistemi terrazzati del Veneto: I paesaggi delle "filie fragili"*, in *L'Universo. Rivista di divulgazione storico-geografica*, vol. 88, pag. 372-388;
- Weiss, A., 2001, *Topographic Position and Landforms Analysis*, Poster presentation, ESRI User Conference - San Diego (CA), available by permission from the author.

