

È possibile descrivere la resistenza dei paesaggi vitati di montagna utilizzando un territorio virtuale? Il caso trentino

Article publié le 01 mars 2014.

Fabio Zottele Etienne Delay

DOI : 10.58335/territoiresduvin.832

 <http://preo.ube.fr/territoiresduvin/index.php?id=832>

Le texte seul, hors citations, est utilisable sous [Licence CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont susceptibles d'être soumis à des autorisations d'usage spécifiques.

Fabio Zottele Etienne Delay, « È possibile descrivere la resistenza dei paesaggi vitati di montagna utilizzando un territorio virtuale? Il caso trentino », *Territoires du vin* [], 6 | 2014, publié le 01 mars 2014 et consulté le 15 juin 2026. Droits d'auteur : Le texte seul, hors citations, est utilisable sous [Licence CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont susceptibles d'être soumis à des autorisations d'usage spécifiques.. DOI : 10.58335/territoiresduvin.832. URL : <http://preo.ube.fr/territoiresduvin/index.php?id=832>

La revue *Territoires du vin* autorise et encourage le dépôt de ce pdf dans des archives ouvertes.

PREO

PREO est une plateforme de diffusion [voie diamant](#).

È possibile descrivere la resistenza dei paesaggi vitati di montagna utilizzando un territorio virtuale? Il caso trentino

Territoires du vin

Article publié le 01 mars 2014.

6 | 2014

Territori del vino in Italia

Fabio Zottele Etienne Delay

DOI : 10.58335/territoiresduvin.832

🔗 <http://preo.ube.fr/territoiresduvin/index.php?id=832>

Le texte seul, hors citations, est utilisable sous [Licence CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont susceptibles d'être soumis à des autorisations d'usage spécifiques.

Introduzione

Materiali e metodi

Descrizione del modello

Scopo

Modelli multiagente

Variabili di stato e grandezze scala

Descrizione del processo

Modello concettuale

Principi fondamentali

Dinamiche e schemi emergenti

Strategie

Interazione

Aleatorietà

Osservazioni

Specifiche

Inizializzazione

Input

Software utilizzati

Risultati e discussione

Influenza dei parametri di modello sull'evoluzione del paesaggio

Parametri fissati, evoluzione temporale

Tempo fissato, parametri variabili

Fenomeni emergenti

Le texte seul, hors citations, est utilisable sous Licence CC BY 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont susceptibles d'être soumis à des autorisations d'usage spécifiques.

Legittimazione del modello
Conclusioni
Ringraziamenti

Introduzione

- 1 Le forti trasformazioni sociali ed economiche dell'ultimo secolo hanno modificato il ruolo dell'agricoltore moderno e l'architettura del paesaggio agricolo nel mondo (Ploeg 2008). L'introduzione di innovazioni come meccanizzazione, nuove varietà di piante e nuove tecnologie per il loro allevamento, fertilizzanti, regolatori della crescita e pesticidi. . . ha consentito lo sfruttamento di aree coltivabili più estese, la drastica riduzione delle ore di lavoro necessarie alla coltivazione, la diminuzione dei costi di manodopera, l'aumento delle rese per ettaro e l'incremento dei flussi energetici e di massa nella biosfera (Constable e Somerville 2003; Smith et al. 2007; Pimentel et al. 2004).
- 2 Nelle zone in forte pendenza, la meccanizzazione è difficile o impossibile: il vincolo morfologico non ha permesso a questi territori di beneficiare della riduzione dei costi di manodopera rispetto alle zone pianeggianti. Il paesaggio agricolo è composto da piccoli appezzamenti, spesso terrazzati per frenare l'erosione del suolo, di difficile accesso e con un forte rischio di abbandono dell'attività a causa della forte concorrenza praticata dai produttori di pianura, inasprita dalla globalizzazione dei mercati. Nel tempo, quindi si è assistito ad un aumento delle aree coltivate nelle zone di pianura e ad una contrazione delle superfici o al loro completo abbandono nelle zone in forte pendenza. A causa di queste condizioni di lavoro svantaggiate, la Comunità europea, attraverso la Politica Agricola Comune (PAC), ha sostenuto economicamente l'attività e le produzioni agricole di montagna.
- 3 Nel caso della viticoltura, i vitigni di montagna o in forte pendenza hanno una lunghissima tradizione viticola e conservano una fortissima identità territoriale. Per esempio, la Valle del Douro (PT), Lavaux (CH) o le Cinque Terre (IT), rappresentano paesaggi vitati millenari e per via della loro incomparabile bellezza e fragilità sono stati iscritti

alla lista dei patrimoni dell'umanità dell'UNESCO. Al di là dei fattori estetici, alcune viticolture di montagna sono spesso conosciute come viticolture eroiche a causa delle condizioni di lavoro estremamente difficili. Il Centro di Ricerca, Studi, Salvaguardia, Coordinamento e Valorizzazione per la Viticoltura Montana (CERVIM)

- 4 ha fissato i criteri identificativi della viticoltura eroica ed ha stilato la lista delle zone viticole di montagna, terrazzate e in forte pendenza d'Europa. Recentemente, Delay e Zottele (2012b) hanno proposto un sistema di identificazione automatico delle zone terrazzate, basato su Sistemi Informativi Geografici (GIS), che potesse discriminare zone a maggiore o minore "eroicità" poiché il paesaggio di montagna e l'eroicità sono un fortissimo vettore per il marketing dei prodotti e del turismo locale (Delay e Zottele 2012a). Recentemente, infatti, Tempesta et al. (2010) hanno quantificato l'importanza del paesaggio come strumento per la valorizzazione economica delle produzioni vitivinicole nelle aree montane e collinari.
- 5 Sebbene il clima giochi un ruolo fondamentale in viticoltura, l'effetto che il cambiamento climatico in atto potrebbe avere sulle zone viticole è un tema attualmente dibattuto (Hannah et al. 2013a; Leeuwen et al. 2013; Hannah et al. 2013b). Ad esempio, l'interesse per la coltivazione dei vigneti in quota è cresciuto per effetto di considerazioni di carattere agronomico legate alla mitigazione degli impatti del mutamento climatico. In alcune zone "storicamente vocate" di fondovalle si assiste ad un anticipo della maturazione dell'uva e ad un aumento del contenuto zuccherino degli acini ed alcuni viticoltori stanno innalzando il limite altitudinale dei vigneti per assicurare quelle combinazioni di caratteristiche organolettiche che vengono ritrovate con il clima di montagna (Caffarra e Eccel 2011). Ad esempio, alcune cooperative vitivinicole trentine (IT) stanno già intraprendendo delle iniziative per remunerare maggiormente l'uva prodotta al di sopra dei 400 m s.l.m. favorendo, inoltre, pratiche gestionali a basso impatto ambientale.
- 6 Per gli autori, il caso della viticoltura trentina risulta di particolare interesse in quanto coesistono entrambi i modelli di paesaggio finora descritti: una viticoltura di fondovalle meccanizzata e una viticoltura eroica sui pendii collinari e montani che si sviluppa sia lungo le vallate (val di Cembra e dell'Adige), sia in piccoli appezzamenti che hanno re-

sistito al progressivo abbandono ed al conseguente rimboschimento (Valsugana). L'emergenza dei due differenti contesti viticoli, in equilibrio dinamico, è il risultato dell'interazione di diversi fattori e quelli che influenzano l'attitudine dei viticoltori a mantenere l'attività produttiva in zone a forte pendenza, giocano un ruolo fondamentale nella dinamica di un paesaggio che sembrerebbe, a prima vista, poco competitivo rispetto al fondovalle (Marchesoni 2010).

- 7 Questo lavoro ha l'obiettivo di utilizzare delle semplici ipotesi riguardo la strutturazione del paesaggio per sviluppare un primo modello parsimonioso che simuli l'evoluzione del paesaggio vitato trentino attraverso l'analisi dell'interazione nello spazio-tempo dei fattori ambientali, economici ed umani fatta l'ipotesi che nessuno di questi fattori è la causa principale che ha determinato l'evoluzione del paesaggio verso la configurazione attuale.

Materiali e metodi

Descrizione del modello

Scopo

- 8 Si propone un modello di evoluzione del paesaggio vitato che descriva i processi di scelta dei viticoltori di occupare o di abbandonare gli appezzamenti in base ai differenti benefici legati alla posizione dei fondi. I viticoltori di fondovalle hanno costi di gestione del vigneto minori, quelli in pendenza producono in un contesto a maggiore identità territoriale e, teoricamente, con impatti da cambiamento climatico mitigati. Si utilizzerà un territorio virtuale, con il fondovalle adiacente alle zone in pendenza, per verificare la plausibilità di questo modello concettuale nel descrivere le dinamiche paesaggistiche evidenti nel caso trentino.

Modelli multiagente

- 9 L'occupazione o l'abbandono del territorio da parte delle attività umane è un processo dinamico la cui descrizione dovrebbe tenere in considerazione i processi che influenzano i vari sistemi che agiscono su di esso (agenti) e che compongono, in questo caso, il paesaggio vi-

tato (ambiente). Un modello che descriva e predica le dinamiche di evoluzione del paesaggio dovrebbe descrivere il comportamento e l'aleatorietà dei processi decisionali del viticoltore sotto l'influenza di molteplici forzanti esterne. L'ambiente, gli agenti e le loro interazioni sono un sistema complesso perché le varie entità che lo compongono si influenzano le une con le altre ed il comportamento delle forzanti sul sistema può cambiare, in entrambe le direzioni, con il cambiare delle relazioni tra gli elementi che costituiscono l'ambiente (Batty 2012; Kubera et al. 2010).

- 10 Un sistema complesso può essere descritto e simulato attraverso un sistema multiagente (Agent Based Modelling, ABM). Attraverso opportune semplificazioni possono essere descritte le emergenze di schemi spaziali e temporali (pattern) e di comportamenti (behaviour) simili per gruppi di individui o per porzioni di ambiente. Nel dettaglio, i modelli ABM permettono una disaggregazione dei sistemi coinvolti in componenti individuali a cui possono essere associate regole e attributi costanti o variabili nel tempo. Lo scopo delle simulazioni ABM è quello di valutare l'impatto delle entità individuali sull'ambiente simulando le azioni dei singoli agenti e misurando il comportamento dell'intero sistema nel tempo (Bonabeau 2002). Più in generale, gli ABM consentono quella disaggregazione delle singole componenti difficilmente realizzabili in un GIS. Le regole, i comportamenti, le relazioni tra gli agenti e tra gli agenti e l'ambiente sono derivabili dalla letteratura scientifica (quando esiste), dall'esperienza di esperti nel settore e dall'analisi di dati raccolti. Per una trattazione approfondita dei sistemi ABM si rimanda a Macal e North (2011) e Crooks e Heppenstall (2012).
- 11 Sebbene gli ABM siano molto utilizzati in ambito socio-economico (Topa 2001), nell'ambito ambientale (Matthews et al. 2007) nella pianificazione urbana (Torrens 2006) e nei trasporti a macro e microscala (Beuck et al. 2008; Haklay et al. 2001), gli ABM sviluppati nell'ambito della viticoltura sono ancora pochi. Recentemente sono stati proposti ABM orientati alla dinamica del paesaggio vitato nell'ambito del mutamento climatico (Delay, Zottele et al. 2013) e in quello socio-economico (Delay, Bourgoïn et al. 2013).

Variabili di stato e grandezze scala

- 12 La variabile di stato utilizzata nel modello è legata al beneficio medio che un viticoltore trae dal coltivare i suoi appezzamenti. Il motivo che spinge l'agente a continuare la sua attività, ed eventualmente ad espandere la superficie coltivata, è descritta attraverso una funzione di utilità, variabile nel tempo, che tiene in conto dei benefici derivanti dal numero ed alla posizione degli appezzamenti. Per quelli in fondovalle il beneficio risiede nei minori costi di gestione del vigneto dovuti alla possibilità di meccanizzare le pratiche agronomiche. Per gli appezzamenti in pendenza il beneficio risiede nel potere legare la propria produzione ad un paesaggio a forte identità territoriale (Tempesta 2012), e con una mitigazione dell'impatto dei cambiamenti climatici.
- 13 Nel modello qui proposto si utilizza un territorio virtuale semplificato, l'ambiente, composto da una griglia di 2002 celle quadrate che rappresenta il vigneto di superficie media. Un quarto del territorio è pianeggiante, mentre la parte restante ha pendenza $\delta = 45^\circ$ e simula la viticoltura in forte pendenza. La scala temporale dipende dal periodo in cui, mediamente, i viticoltori accumulano un capitale sufficiente per acquistare o affittare nuovi appezzamenti e quindi non coincide con la singola stagione agraria.

Descrizione del processo

- 14 In questo lavoro si parte dal presupposto che la scelta dei viticoltori (agenti) di occupare o di abbandonare una porzione di territorio influenzi il paesaggio e che il paesaggio stesso, a causa della sua morfologia, influenzi: a) la possibilità del viticoltore di ottenere una remunerazione sufficiente per consentirgli di continuare la sua attività e b) la decisione del viticoltore di espandersi o di abbandonare gli appezzamenti. Si tratta di un meccanismo di feedback reciproco. Il comportamento dei viticoltori viene descritto attraverso una funzione di utilità che considera i differenti benefici di operare in fondovalle o in paesaggi in pendenza. In generale un viticoltore si espanderà scegliendo di occupare nuovi appezzamenti nelle vicinanze degli appezzamenti che coltiva. Nel caso in cui un viticoltore non superi una determinata

soglia di beneficio non solo non si espanderà, ma abbandonerà un appezzamento.

Modello concettuale

Principi fondamentali

- 15 Il modello parsimonioso viene descritto dalla funzione di utilità (eq.1) che descrive il comportamento dinamico degli agenti (Kennedy 2012). Nell'ambiente operano n_v agenti identificati dall'indice j . Ogni agente coltiva n appezzamenti, indicati dall'indice i .

$$f_{u,j}(t) = \alpha(T_{g,j} - T_{c,j}) + \beta T_{r,j} \quad (1)$$

- 16 Per il j -esimo agricoltore, T_c rappresenta un costo totale medio di attività, T_g è un guadagno medio derivante dall'attività e T_r è un beneficio medio legato al fatto di possedere appezzamenti in un paesaggio con una maggiore identità territoriale. Di seguito T_r sarà indicato come resistenza.

$$T_{c,j} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} c_{i,j} \quad , \quad T_{g,j} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} g_{i,j} \quad \text{e} \quad T_{r,j} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} r_{i,j} \quad (2)$$

- 17 I tre termini della funzione di utilità sono descritti nell'equazione (2) e un modello per la resistenza è proposto nell'equazione (3). z rappresenta la quota dell'appezzamento: in questo modo gli appezzamenti più alti hanno un valore di resistenza maggiore che ne compensa la teorica antieconomicità se valutati in base ad un modello di agricoltura imprenditoriale, concetto descritto da Ploeg (2008). Gli appezzamenti di fondovalle ($z = z_{min}$) hanno un valore di resistenza nullo.

$$r_{i,j} = \frac{z_{i,j} - z_{min}}{z_{max} - z_{min}} \quad (3)$$

- 18 Attraverso l'equazione 4 si è tenuto conto dei differenti costi di gestione tra viticoltura di fondovalle e viticoltura in pendenza basandosi su dati ottenuti da Lang et al. (2004).

$$c, g = \begin{cases} g - c = 0 & \text{in pendenza,} \\ \frac{g}{c} = \frac{1}{0.85} & \text{fondovalle.} \end{cases} \quad (4)$$

- 19 Nel modello proposto, infine, si è posto $\alpha + \beta = 1$, con $0 < \alpha \leq 1$.

Dinamiche e schemi emergenti

- 20 Il modello dovrebbe simulare l'emergenza nel paesaggio di schemi temporali (incremento o decremento del numero di viticoltori) e spaziali (occupazione e abbandono di territorio, movimenti verso il fondovalle e viceversa) attraverso l'aggiornamento nel tempo dei benefici totali degli agricoltori come definiti nell'equazione 1.
- 21 Per studiare le dinamiche nel tempo del consumo/abbandono di territorio si utilizzano due grandezze LU_f , uso del suolo agricolo di fondovalle e LU_m , uso del suolo agricolo nel contesto eroico, come definite dall'equazione 5, dove N_f e N_m sono il numero totale di celle in fondovalle e in pendenza.

$$LU_f(t) = \frac{\sum_{j=1}^{n_v} \sum_{i=1}^n n_{i,j} |_{\delta=0}}{N_f} \quad \text{e} \quad LU_m(t) = \frac{\sum_{j=1}^{n_v} \sum_{i=1}^n n_{i,j} |_{\delta>0}}{N_m} \quad (5)$$

Strategie

- 22 Durante la simulazione si ipotizza che il j -esimo viticoltore si espanda scegliendo di occupare una delle celle libere nelle vicinanze dei suoi appezzamenti, in un raggio $1 \leq R_p \leq 10$, definito raggio paesaggistico di interesse. Tra le celle disponibili il viticoltore sceglierà quella che ha il valore r maggiore, modificando di conseguenza il valore del proprio Tr_j . Si definisce $0 < Fu < 1$, soglia di utilità, la variabile che descrive l'attitudine del viticoltore ad abbandonare un appezzamento

qualora $f_{u,j}(t) < F_u$. Tra tutti gli appezzamenti verrà abbandonato quello a resistenza più bassa e un viticoltore verrà eliminato dalla simulazione quando non possiede più appezzamenti.

Interazione

- 23 Non è prevista alcuna interazione diretta tra gli agenti. L'ambiente influenza il valore della funzione di utilità nel tempo ed i viticoltori entrano in competizione per il territorio poiché un agente non può occupare una cella già posseduta da un altro agente. Il valore di R_p , permette una maggiore libertà al viticoltore di espandersi aumentando la probabilità degli agenti di trovare celle libere attorno ai propri appezzamenti. La strategia d'azione degli agenti è quella di occupare una delle celle con il valore maggiore di resistenza tra quelle disponibili, o di abbandonare uno dei propri appezzamenti scegliendo tra quelli a resistenza minima.

Aleatorietà

- 24 Per ogni simulazione le posizioni dei viticoltori sono assegnate in maniera casuale. A d ogni viticoltore vengono assegnati un numero casuale di appezzamenti collocati casualmente nell'ambiente. La scelta delle celle da occupare o da abbandonare viene effettuata in maniera casuale soddisfacendo i requisiti di massima/minima resistenza.

Osservazioni

- 25 Per verificare la plausibilità del modello proposto si sono confrontati i risultati delle simulazioni del modello con dati provenienti da archivi fotografici, confrontati con la situazione del paesaggio viticolo attuale. Si è fatto particolare riferimento ai dati raccolti da Marchesoni (2010).

Specifiche

Inizializzazione

- 26 All'inizio di ogni simulazione ($t = 0$) vengono casualmente posizionati nel territorio virtuale un numero viticoltori $n_v = 100$. Ad ogni j -esimo

viticoltore vengono casualmente assegnati $1 \leq n \leq 25$ di appezzamenti (identificati dal pedice i). Dato che il processo di posizionamento degli appezzamenti è stocastico, si hanno tre possibili tipologie di viticoltori: a) viticoltori puramente di fondovalle i cui benefici risiedono nei minori costi di meccanizzazione, b) viticoltori puramente di montagna che operano in un contesto paesaggistico a forte identità, c) viticoltori misti che possiedono sia appezzamenti in pianura, sia in pendenza. In figura 1 sono mostrate due esempi di configurazione iniziale degli agenti nell'ambiente.

Input

- 27 Nessun dato di input è necessario per l'esecuzione delle simulazioni.

Software utilizzati

- 28 Il modello è stato formalizzato in NetLogo 5.0.4 (Wilensky 1999; Tisue e Wilensky 2004), il dominio dello spazio dei parametri (behaviourspace) è descritto in tabella 1. Per tenere in conto dell'aleatorietà dei processi di simulazione e della conseguente variabilità dei processi emergenti, ogni configurazione dei parametri è stata replicata 10 volte per un numero totale di 23100 simulazioni come suggerito da Epstein (2006). Per l'analisi dei risultati si è utilizzato il software statistico R 3.0.2 (R Core Team 2013; Dowle et al. 2013; Wickham 2007, 2009).



È possibile descrivere la resistenza dei paesaggi vitati di montagna utilizzando un territorio virtuale? Il caso trentino

Illustration 1: Due simulazioni di territorio virtuale allo stato iniziale ($t = 0$, $n_v = 100$, $R_p = 4$). Le posizioni dei viticoltori (cerchi) sono assegnate in maniera casuale. Ad ogni viticoltore viene assegnato un numero casuale di patches in un raggio di 25 celle. La parte di ambiente più scura rappresenta il paesaggio di fondovalle, il gradiente di quota è rappresentato in scala di grigio

variabile	minimo	massimo	step
α	0.0	1.0	0.1
R_p	1	10	1
F_u	0.0	1.0	0.005

Tableau 1: Parametri del modello (behaviourspace) utilizzati nelle simulazioni per la descrizione dell'evoluzione spaziotemporale del paesaggio vitato di fondovalle e di montagna.

Tableau 1: Parametri del modello (behaviourspace) utilizzati nelle simulazioni per la descrizione dell'evoluzione spaziotemporale del paesaggio vitato di fondovalle e di montagna.

Risultati e discussione

29 L'emergenza di schemi spaziotemporali che influenzano la strutturazione del paesaggio verrà descritta in termini di: a) numero di viticoltori che 'sopravvivono' alle forzanti introdotte nel modello (eq. 1) e b) l'evoluzione del paesaggio nel tempo in fondovalle e in pianura (eq. 5).

Influenza dei parametri di modello sull'evoluzione del paesaggio

30 Vengono mostrati alcuni esiti delle simulazioni per descrivere la sensibilità del modello rispetto ai parametri esplorati.

31 In figura 2 gli appezzamenti (punti) sono stati colorati diversamente in base al viticoltore che li coltiva. I viticoltori (cerchi) sono stati colorati in funzione del loro valore di beneficio paesaggistico: quando Tr è massimo il viticoltore è colorato di bianco, quando $Tr = 0$, puro beneficio di meccanizzazione, il viticoltore è colorato di nero. Valori intermedi assumono le tonalità del rosso.

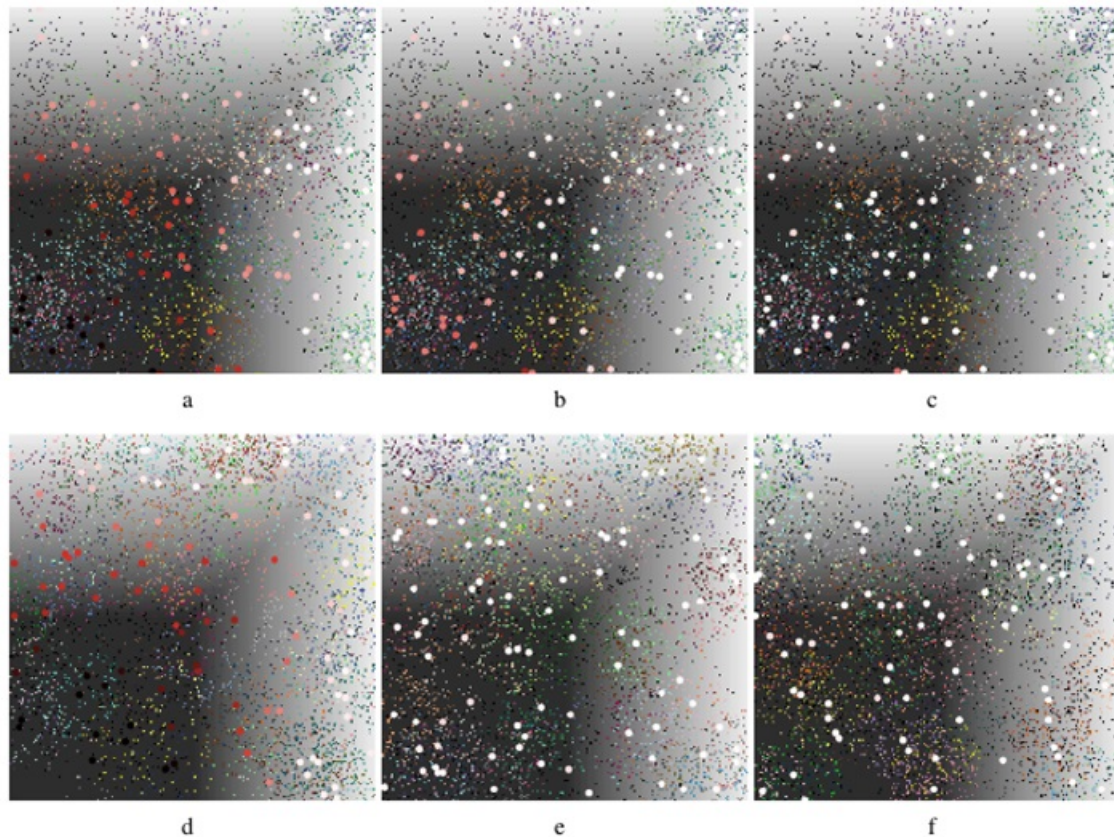


Illustration 2: Risultati di simulazioni al variare dei parametri indicati in tabella 1. I viticoltori sono rappresentati da dei cerchi il cui colore varia dal rosso scuro al bianco in funzione del valore crescente di Tr . In alto: simulazioni effettuate con gli stessi parametri ($\alpha=0.25$, $F_u = 0.75$, $R_p=5$), $a_t=5$, $b_t=10$, $e_{ct}=25$. In basso: tre simulazioni allo stesso istante temporale ($t = 15$), d: $\alpha = 0.25$, $R_p = 3$, $F_u = 0.25$; e: $\alpha = 0.5$, $R_p = 5$, $F_u = 0.25$; f: $\alpha=0.75$, $R_p = 7$, $F_u = 0.75$

Parametri fissati, evoluzione temporale

- 32 Ogni combinazione del behaviourspace influenza il comportamento degli agenti nel tempo al modificarsi del valore della funzione di utilità. Per le tre figure 2a- 2c, la soglia di utilità è relativamente alta ($F_u = 0.75$) e nel tempo si nota a) una contrazione del paesaggio a quota più elevata (non visibile chiaramente in figura); b) una colonizzazione della montagna da parte dei viticoltori di pianura ($R_p = 5$) che incrementano velocemente i loro benefici paesaggistici (il colore dei viticoltori diventa sempre più chiaro) grazie ad un valore di $\alpha = 0.2$; c) i viticoltori che producono alle quote più alte, invece, sono costretti all'abbandono: a $t = 25$, 8 viticoltori di montagna hanno perso tutti i loro appezzamenti (non visibile chiaramente in figura).

È possibile descrivere la resistenza dei paesaggi vitati di montagna utilizzando un territorio virtuale? Il caso trentino

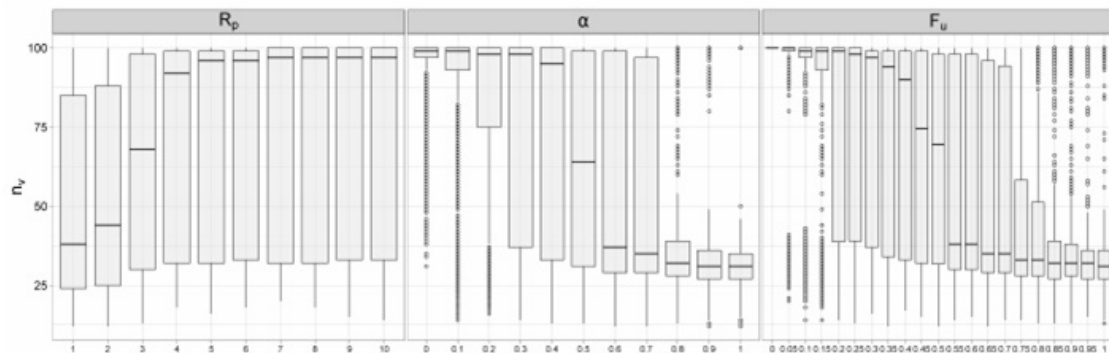


Illustration 3 : Numero dei viticoltori attivi (n_v) al termine delle simulazione al variare dei del raggio paesaggistico di interesse (R_p), del rapporto tra benefici dei meccanizzazione e paesaggistici (α) e della soglia di utilità (F_u).

Tempo fissato, parametri variabili

- 33 Nelle figure 2d- 2f si osservano tre differenti combinazioni dei parametri nello stesso istante temporale $t=15$. Ad esempio, in figura 2d, fissando una soglia di utilità bassa e quindi stimolando la propensione dei viticoltori ad espandersi, ipotizzando bassi benefici dovuti alla meccanizzazione (e quindi un'alta resistenza) ed un raggio paesaggistico basso, si nota una spiccata tendenza alla segregazione dei viticoltori nelle tre categorie caratteristiche e solamente alcuni viticoltori di pianura si espandono nel territorio in pendenza adiacente al fondo-valle.
- 34 In figura 2f, viene, invece, impostata un'alta propensione a cercare appezzamenti lontani da quelli coltivati, una bassa propensione all'abbandono ed un'alto beneficio dovuto alla meccanizzazione (e quindi basso beneficio dovuto alla resistenza): i viticoltori di pianura tendono ad espandere la propria attività anche nelle zone "eroiche". Di contro, con questa configurazione di parametri, si assiste ad una spiccata riduzione del numero di viticoltori di montagna ($n_v = 86$, figura 2f).

Fenomeni emergenti

- 35 In generale, il numero dei viticoltori attivi nel contesto della viticoltura eroica è un indicatore della stabilità del paesaggistica: il viticoltore non solo coltiva e produce, ma mantiene nel tempo la struttura tradi-

zionale del paesaggio attraverso la manutenzione, per esempio, dei muri di sostegno dei terrazzamenti e quindi limitando l'erosione del suolo.

- 36 Qualora, all'inizio delle simulazioni, si verifici un forte abbandono degli appezzamenti nella parte di territorio a quota elevata, la perdita paesaggistica risulta recuperabile solamente se si ipotizzano valori alti del raggio paesaggistico di interesse che fanno emergere, tra l'altro, il comportamento del viticoltore "di montagna" che occupa appezzamenti nel fondovalle beneficiando, da quel momento in poi, dei minori costi di gestione. I risultati delle simulazioni, riportati in figura 3, mostrano che un valore di $R_p < 5$ decrementa sensibilmente il valore mediano del numero viticoltori, mentre valori più alti hanno un effetto stabilizzante sul numero mediano dei viticoltori attivi: è importante per il mantenimento del paesaggio che il viticoltore possa raggiungere (per occuparli) appezzamenti distanti da quelli già coltivati. D'altro canto, in territori a forte pendenza diventa cruciale l'accessibilità ai fondi coltivati: i valori di raggio paesaggistico di interesse possono mantenersi alti solamente se esiste un'efficiente manutenzione e pianificazione della viabilità rurale. In Trentino questo aspetto è spesso delegato ai Consorzi di Miglioramento Fondiario che giocano conseguentemente un ruolo fondamentale nel mantenimento del paesaggio viticolo eroico. Qualora grosse porzioni di terreno coltivato montano venissero abbandonate verrebbe conseguentemente abbandonata anche la manutenzione della viabilità interpodereale e di conseguenza il paesaggio agrario sarebbe recuperabile con maggiori difficoltà.

È possibile descrivere la resistenza dei paesaggi vitati di montagna utilizzando un territorio virtuale? Il caso trentino

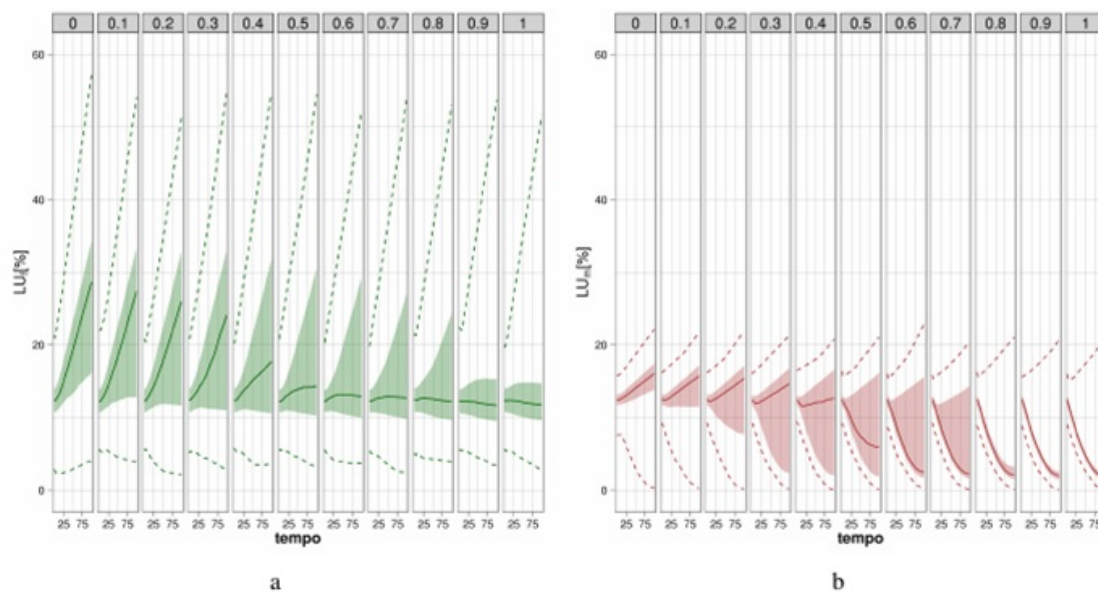


Illustration 4: Andamento dell'uso del suolo (eq. 5) nel tempo al variare del valore del rapporto tra benefici di meccanizzazione e benefici paesaggistici (α). In a viene mostrata l'andamento percentuale del suolo coltivato in fondovalle (LUf), in b quello delle zone in pendenza (LUu). Le linee continue rappresentano il valore mediano per le 23100 simulazioni effettuate. L'area colorata sottende il 25-esimo ed il 75-esimo quantile dell'uso del suolo. Le linee tratteggiate mostrano i minimi ed i massimi ottenuti dalle simulazioni

- 37 Il termine α modifica i rapporti tra benefici di meccanizzazione e benefici paesaggistici ed ha una forte influenza sul numero di viticoltori attivi. Quando $\alpha < 0.3$, con R_p e F_u favorevoli ai viticoltori, entrambe le viticolture possono espandersi (Fig. 4). Per $\alpha \geq 0.5$ i benefici della meccanizzazione diventano preponderanti e si assiste ad una tendenza all'abbandono degli appezzamenti in pendenza. Ciononostante, il valore mediano di suolo coltivato in pianura rimane tendenzialmente stabile: un valore di α troppo elevato comporterebbe l'abbandono dell'attività dei viticoltori di tipologia mista e di montagna e gli appezzamenti più in quota non potrebbero essere occupati dai viticoltori di pianura a meno di non potere usufruire di R_p elevati.
- 38 Infine, le simulazioni dimostrano che possono resistere delle porzioni di territorio vitato in pendenza anche quando la viticoltura di montagna è fortemente svantaggiata rispetto a quella di fondovalle. La conferma dell'emergenza di questo fenomeno nelle simulazioni è desumibile da quanto rilevato da CERVIM e dalla documentazione riguardo l'evoluzione del paesaggio in Valsugana, riportato da Marchesoni (2010). Un esempio è presentato in figura 5. Analogamente ad α ,

È possibile descrivere la resistenza dei paesaggi vitati di montagna utilizzando un territorio virtuale? Il caso trentino

la soglia di utilità F_u ha un fortissimo effetto sul numero di viticoltori attivi. Per $F_u \geq 0.3$ il numero di viticoltori attivi diminuisce e per $F_u > 0.5$ la riduzione supera il 70%.



a



b

Illustration 5 : Evoluzione del paesaggio vitato di fondovalle ed in pendenza in Valsugana. a anni '50: il territorio in pendenza è interamente occupato da vigneti coltivati a ritocchino. (Marchesoni 2010, Archivio Saverio Sartori). b: 16 dicembre 2013: la parte alta della collina risulta completamente abbandonata con perdita della viabilità interpodereale e terrazzamenti completamente abbandonati. Gli appezzamenti sopravvissuti mantengono intatta la matrice paesaggistica originale

È possibile descrivere la resistenza dei paesaggi vitati di montagna utilizzando un territorio virtuale? Il caso trentino



Illustration 6 : Coesistenza, nel territorio in pendenza, del paesaggio tradizionale terrazzato ed eroico (all'estrema destra e all' estrema sinistra) e di una riorganizzazione degli appezzamenti per favorire una maggiore meccanizzazione delle pratiche agronomiche e beneficiando, quindi, sia di un beneficio gestionale sia di un beneficio paesaggistico. Val di Cembra, 12 novembre 2013 (archivio Danilo Caset)

Legittimazione del modello

39 La plausibilità del modello e dei suoi risultati è stata discussa con viticoltori, tecnici ed un agronomo. Durante la discussione, il modello è stato compreso ed accettato solo successivamente alla discussione dei risultati. È dunque emerso come α può comprendere tutta una serie di contributi (monetizzabili o meno) che hanno sostenuto l'attività del viticoltore in un contesto difficile. Ad esempio sono stati citati

gli aiuti economici erogati per ricostruire periodicamente i muri di sostegno dei terrazzamenti crollati durante le piogge primaverili ed autunnali. Inoltre sono emerse due strategie per ridurre la soglia d'utilità e quindi permettere un mantenimento del paesaggio vitato. La prima è rappresentata dall'attività di viticoltura part-time per quei viticoltori che non dispongono di superfici di proprietà o in affitto sufficientemente estese da garantire un reddito soddisfacente. Inoltre, la presenza di cantine sociali, solleva questa tipologia di viticoltori dal maggiore impegno lavorativo post-vendemmia e dal rischio imprenditoriale. Ciò è in linea con quanto emerso già nel lavoro di Delay, Bourgoïn et al. (2013). Una modalità più recente per ridurre la soglia di utilità è l'integrazione dell'attività del viticoltore/agricoltore con l'attività turistica rurale, sia direttamente (ad esempio investendo nella realizzazione di agriturismi) o indirettamente (circuiti di vendita a chilometro zero). Attività di questo tipo possono anch'esse beneficiare di un paesaggio peculiare come quello della viticoltura eroica (Tempesta 2012).

Conclusioni

- 40 Si è presentato un modello parsimonioso per la descrizione delle dinamiche di evoluzione dei paesaggi vitati di fondovalle ed in pendenza. Per descrivere queste dinamiche, influenzate sia dalla morfologia del terreno, sia dalle scelte individuali dei viticoltori si è fatto uso di simulazioni multiagente ed utilizzato un territorio virtuale. Il modello considera i benefici legati alla possibilità di meccanizzare nel fondovalle e dei benefici dovuti alla possibilità di associare il proprio prodotto ad un paesaggio a forte componente identitaria (Tempesta et al. 2010; Tempesta 2012) e con una potenziale riduzione degli impatti del cambiamento climatico sulla qualità delle proprie produzioni.
- 41 Nonostante la semplicità del modello proposto, le simulazioni hanno mostrato l'emergenza di pattern spaziotemporali plausibili per un gruppo composto da viticoltori, tecnici ed un agronomo ed in linea con le evidenze desunte da alcuni archivi fotografici. Dall'interpretazione de risultati delle simulazioni è emerso:
- 42 a) che il raggio paesaggistico d'interesse R_p , possa essere legato all'accessibilità dei fondi e quindi all'importanza della variabilità rurale nel contesto del mantenimento della viticoltura eroica;

- 43 b) come i sostegni economici erogati ai viticoltori di montagna, $\beta = 1 - \alpha$, abbiano giocato un ruolo fondamentale per evitare l'abbandono di porzioni di paesaggio viticolo terrazzato;
- 44 c) che le dinamiche di espansione/abbandono di territorio ed il numero dei viticoltori attivi siano influenzati dal rapporto reciproco tra i due tipi di benefici;
- 45 d) l'emergenza di alcuni comportamenti messi in atto dai viticoltori per abbassare la soglia di utilità F_u mantenere nel tempo un'attività viticola di lunga tradizione nonostante il contesto morfologicamente svantaggiato e forzato da un mercato globalizzato con una forte concorrenza sui prezzi dei prodotti (Ploeg 2008);
- 46 e) che la viticoltura eroica possa resistere, anche se molto limitata, anche in condizioni estremamente svantaggiate e che quindi sia plausibile considerare i benefici paesaggistici come un elemento che contribuisce alla resistenza dei territori vitati di montagna.
- 47 Gli autori si augurano che il modello possa essere migliorato, in futuro, introducendo una descrizione più precisa dei vari benefici utilizzati nel modello. Ovviamente ciò dovrebbe comportare un approccio multidisciplinare per la formalizzazione del modello, una verifica continua della plausibilità dei risultati ottenuti con le simulazioni ed un'ulteriore validazione dei risultati ottenuti. Meriterebbe un approfondimento futuro considerare l'eventualità che un viticoltore possa convertire una serie di appezzamenti adiacenti e terrazzati in un unico grande fondo meccanizzabile destrutturando il paesaggio terrazzato preesistente e introducendo un elemento di discontinuità paesaggistica. Questa evoluzione del paesaggio, non necessariamente negativa, potrebbe rappresentare una opportunità per gli appezzamenti marginali (e maggiormente eroici) di ampliare le strade interpoderali e creare nuovi collegamenti migliorando quindi l'accessibilità ai fondi. Un esempio di questo processo di evoluzione del paesaggio è presentato in figura 6.

Ringraziamenti

- 48 Gli autori ringraziano Daniele Andreis, Giulio e Marcello Bortolini, Danilo Caset, Stefano Corradini, Davide Ferrari, Antonio Patton, Giorgio de Ros, Melissa Scommegna e Giambattista Toller per le critiche

costruttive al modello ed ai risultati ottenuti e per avere indicato fonti bibliografiche, spunti di approfondimento e casi di studio.

-
- Batty, M. «A Generic Framework for Computational Spatial Modelling». *Agent-Based Models of Geographical Systems*. Springer. (2012)
- Beuck, U., M. Rieser, D. Strippgen, M. Balmer e K. Nagel. «Preliminary Results of a Multi-Agent Traffic Simulation for Berlin». *The Dynamics of Complex Urban Systems*. Springer, (2008), pp. 75–94.
- Bonabeau, E. «Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99.90003, (2002), pp. 7280–7287.
- Caffarra, A. e E. Eccel, «Projecting the impacts of climate change on the phenology of grapevine in a mountain area». *Australian Journal of Grape and Wine Research* 17.1, (2011), pp. 52–61.
- Constable, G. e B. Somerville. «A Century of Innovation: The Engineering That Transformed Our Lives». Joseph Henry Press. *Cap. Agricultural*, (2003), pp. 71–82.
- Crooks, A. T. e A. J. Heppenstall. «Introduction to Agent-Based Modelling». *Agent-Based Models of Geographical Systems*. Springer. (2012)
- Delay, E., J. Bourgoïn e F. Zottele. «Impact of cooperation on vineyards mountain landscape». *Ciência e técnica vitivinícola*. Vol. 28. 1, (2013), pp. xx–xx.
- Delay, E. e F. Zottele. «Cartographie web : comment construire le lien entre territoire et consommateur ?» *Carte et géomatique* 213, (2012a), pp. 70–75.
- Delay, E. e F. Zottele. «Zoning mountain-landscapes for a valorisation of high identity products». *XIth International Terroir Congress*. (2012b), Vol. 1, pp. 2–13, 2–16.
- Delay, E., F. Zottele, H. Quenol e G. De Ros. «Mountain: a way for adaptation to global warming». *Ciência e técnica vitivinícola*. (2013), Vol. 28. 1, pp. xx–xx.
- Dowle, M., T. Short, S. L. with contributions from A. Srinivasan e R. Saporta. *data.table: Extension of data.frame for fast indexing, fast ordered joins, fast assignment, fast grouping and list columns*. R package version 1.8.10. (2013)
- Epstein, J. M. *Generative social science: Studies in agent-based computational modeling*. Princeton, NJ: Princeton University Press, (2006), 356 p.
- Haklay, D., D. O’Sullivan, M. Thurstain-Goodwin e T. Schelhorn. «So go downtown: simulating pedestrian movement in town centres». *Environment and Planning B: Planning and Design* 28.3, (2001), pp. 343–359.
- Hannah, L., P. R. Roehrdanz, M. Ikegami, A. V. Shepard, M. R. Shaw, G. Tabor, L. Zhi, P. A. Marquet e R. J. Hijmans. «Climate change, wine, and conservation». *Proceedings of the National Academy of Sciences*. (2013a).
- Hannah, L., P. R. Roehrdanz, M. Ikegami, A. V. Shepard, M. R. Shaw, G. Tabor, L. Zhi, P. A. Marquet e R. J. Hijmans. «Re-

- plytovanLeeuwenetal.:Planning for agricultural adaptation to climate change and its consequences for conservation». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110.33, E3053–E3053. (2013b)
- Kennedy, W. G. «Modelling Human Behaviour in Agent-Based Models». *Agent-Based Models of Geographical Systems*. Springer, (2012), pp. 167–179.
- Kubera, Y., P. Mathieu e S. Picault. «Everything Can Be Agent!» *Proceedings of the 9th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems: Volume 1 - Volume 1. AAMAS '10*. Toronto, Canada: International Foundation for Autonomous Agents e Multiagent Systems, (2010), pp. 1547–1548.
- Lang, M., M. Thomann e H. Hafner. *Costi e ricavi della fruttiviticoltura altoatesina*. Centro di consulenza per la fruttiviticoltura dell'Alto Adige. (2004)
- Leeuwen, C. van, H. R. Schultz, I. Garcia de Cortazar-Atauri, E. Duchene, N. Ollat, P. Pieri, B. Bois, J.-P. -Goutouly, H. Quenol, J.-M. Touzard e et al. «Why climate change will not dramatically decrease viticultural suitability in main wine-producing areas by 2050». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110.33, E3051–E3052. (2013)
- Macal, C. M. e M. J. North. «Introductory Tutorial: Agent-based Modeling and Simulation». *Proceedings of the Winter Simulation Conference. WSC '11*. Phoenix, Arizona: Winter Simulation Conference, (2011), pp. 1456–1469.
- Marchesoni, C. *La vite in Valsugana. Escursione storica tra vigneti, fatiche e commerci difficili*. Sezione S.A.T. di Caldonazzo. (2010)
- Matthews, R., N. Gilbert, A. Roach, J. Polhill e N. Gotts. «Agent-based land-use models: a review of applications». *English. Landscape Ecology* 22.10, (2007), pp. 1447–1459.
- Pimentel, D., B. Berger, D. Filiberto, M. Newton, B. Wolfe, E. Karabinakis, S. Clark, E. Poon, E. Abbett e S. Nandagopal. «Water Resources: Agricultural and Environmental Issues». *BioScience* 54.10, (2004), pp. 909–918.
- Ploeg, J. D. van der. *The new peasantries struggles for autonomy and sustainability in an era of empire and globalization*. London Sterling, VA: Earthscan publishes in association with the International Institute for Environment e Development. (2008)
- R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. (2014)
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, B. S. C. Rice e O. Sirotenko. «Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change». A cura di B. Metz, O. Davidson, P. Bosch, R. Dave e L. Meyer. Cambridge, United Kingdom e New York, NY, USA: Cambridge University Press. *Cap. Agriculture*, (2007), pp. 497–540.
- Tempesta, T. «Paesaggio ed economia delle zone rurali». *Agricoltura e paesaggio nell'arco alpino*, (2012), pp. 71–87.
- Tempesta, T., R. A. Giancristofaro, L. Corain, L. Salmaso, D. Tomasi e V. Boatto. «The importance of landscape in wine quality perception: An integrated approach using choice-based conjoint analysis and combination-based per-

mutation tests». *Food Quality and Preference* 21.7, (2010), pp. 827–836.

Tisue, S. e U. Wilensky. «NetLogo: A simple environment for modeling complexity». *International Conference on Complex Systems*, (2004), pp. 16–21.

Topa, G. «Social Interactions, Local Spillovers and Unemployment». *The Review of Economic Studies* 68.2, (2001), pp. 261–295.

Torrens, P. M. «Simulating Sprawl». *Annals of the Association of American*

Geographers 96.2, (2006), pp. 248–275.

Wickham, H. «Reshaping Data with the reshape Package». *Journal of Statistical Software* 21.12, (2007), pp. 1–20.

Wickham, H. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer NewYork. (2009)

Wilensky, U. NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Northwestern University, Evanston, IL: Center for Connected Learning e Computer-Based Modeling. (1999)

Italiano

Il paesaggio è la percezione che l'uomo ha dell'ambiente che lo circonda e del risultato dei processi dinamici nel tempo e nello spazio che agiscono su un territorio.

Nell'ultimo secolo i paesaggi agricoli hanno subito cambiamenti radicali in risposta a forti trasformazioni sociali e importanti innovazioni tecnologiche. Queste ultime, in generale, hanno reso possibile lo sfruttamento di maggiori superfici agrarie con minori costi di manodopera. La meccanizzazione di alcune pratiche agronomiche è una spinta innovativa che ha agito in maniera disomogenea: nelle zone di montagna e/o in quelle in forte pendenza persiste un'agricoltura composta da piccoli appezzamenti, spesso terrazzati, dove la meccanizzazione risulta difficile o impossibile. Tuttavia, nonostante le difficoltà gestionali legate alla conformazione orografica, questi paesaggi si sono mantenuti nel tempo conservando una forte e peculiare identità territoriale.

In Trentino (IT) coesistono in equilibrio dinamico due tipologie di paesaggio vitato: il fondovalle è meccanizzato e gli appezzamenti hanno estensione maggiore, sui versanti a forte pendenza si sviluppa una viticoltura di montagna terrazzata, di piccola taglia ed a bassissima meccanizzazione.

In questo lavoro si ipotizza che l'emergenza dei due differenti contesti viticoli - di forte pendenza e di fondovalle - scaturisca dalla complessità dei processi che sottendono lo sviluppo di un territorio, che i differenti fattori in gioco debbano essere studiati nella loro diversità intrinseca e che nessuno di questi singoli fattori possa essere considerato come la causa principale.

Basandosi su ipotesi semplici di strutturazione del paesaggio è stato sviluppato un modello parsimonioso basato su un sistema multiagente per la simulazione di queste dinamiche. I risultati ottenuti sono stati messi a confronto con l'evoluzione storica del paesaggio documentata in alcuni archivi storici e con lo stato attuale del territorio.

È possibile descrivere la resistenza dei paesaggi vitati di montagna utilizzando un territorio virtuale? Il caso trentino

L'obiettivo è determinare la plausibilità di un modello semplificato che possa descrivere sia le forzanti socio-economiche complesse sia l'evoluzione del paesaggio verso le configurazioni attuali. Si mostreranno, infine, le rappresentazioni preliminari del modello sviluppato per descrivere le dinamiche di evoluzione del paesaggio viticolo trentino sottoposto a queste forzanti.

Fabio Zottele

Sistema Informativo Geografico, Centro di Trasferimento Tecnologico,
Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige
fabio.zottele@fmach.it

Etienne Delay

UMR 6042 CNRS, Laboratoire GEOLAB, Université de Limoges
etienne.delay@unilim.fr
IDREF : <https://www.idref.fr/187746702>
ORCID : <http://orcid.org/0000-0001-6633-6269>
HAL : <https://cv.archives-ouvertes.fr/delay-etienne>