

PROJECTED CLIMATE IMPACTS ON THE NATURAL PASTURELANDS OF THE ITALIAN ALPS

IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE FORMAZIONI PASTORALI NATURALI DELLE ALPI ITALIANE

Camilla Dibari^{1*}, Giovanni Argenti¹, Marco Moriondo², Marco Bindi¹

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agro-alimentari e dell' Ambiente (DISPAA), Università degli Studi di Firenze, piazzale delle Cascine 18, 50144 Firenze (FI)

² Istituto di Biometereologia CNR-IBIMET, via Caproni 8 50145, Firenze (FI)

*camilla.dibari@unifi.it

Abstract

This study simulates the impacts of climate changes on distribution and composition of the main pasture macro-types located over the Italian Alps using spatially informative layers as predictor variables. More specifically, a machine learning approach (Random Forest), firstly calibrated for the present period and then applied to future conditions as simulated by HadCM3 General Circulation Model, was used to forecast potential expansion/reduction and/or altitudinal shifts of the alpine pasture macro-types. Future climate conditions, as depicted by HadCM3 in A2 and B2 SRES scenarios, will have impacts of great concern on pasture composition and location. Except for pastures dominated by xeric species and by *Nardus stricta*, which showed wide expansions over the study area, a troublesome reduction was predicted for the rarest pastures (i.e. dominated by *Festuca rubra*) or for the macro-types currently restricted at the highest altitudes (i.e. dominated by *Carex curvula*, by *Carex firma* and by *Sesleria varia*).

Keywords: Natural pastures, Alps, Climate change, Random Forest

Parole chiave: Pascoli naturali, Alpi, Cambiamenti climatici, Random Forest

Introduzione

Nell'ultimo secolo la regione Alpina ha registrato un aumento delle temperature tre volte superiore rispetto alla media globale e, tenendo conto delle proiezioni climatiche future, tale riscaldamento è destinato ad aumentare nei prossimi decenni. Il paesaggio montano delle Alpi italiane è caratterizzato dalla dominanza di risorse pastorali che svolgono, oltre a quella produttiva, numerose altre funzioni (tutela e protezione del suolo, paesaggistica, turistica, ecc.). L'ultimo rapporto dell'IPCC (IPCC, 2007) attribuisce alle risorse pastorali alpine, spesso collocate in aree marginali, una forte vulnerabilità ai cambiamenti del clima, pertanto il loro monitoraggio, anche a vasta scala, risulta cruciale nell'ottica di una loro gestione conservativa. Mentre sono presenti in letteratura numerosi studi che valutano gli effetti del clima su singole specie erbacee o comunità pascolive ad una scala locale, non esiste ad oggi una valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici sulla distribuzione e composizione dei pascoli ad una scala territoriale. Nel presente studio, strumenti innovativi, come modelli di classificazione statistica integrati a dati territoriali tramite tecniche GIS, sono stati utilizzati per caratterizzare territorialmente le risorse pastorali delle zone montane delle Alpi italiane al fine di analizzare le possibili variazioni nella loro distribuzione e composizione in relazione ai cambiamenti climatici futuri.

Materiali e Metodi

L'attuale estensione e composizione dei pascoli alpini sono state ottenute dall'integrazione di carte pastorali locali (Carta dei Tipi pastorali della Regione Piemonte e del Comelico (BL)), dalla Carta Corine Land Cover (2000) e dalla Carta degli Habitat di Natura 2000. Sulla base di un approccio metodologico e di procedure semiautomatiche in ambito GIS,

sono state quindi definite le sette macro tipologie pastorali su cui concentrare lo studio. Elemento chiave per l'identificazione delle macro tipologie pascolive è stata la presenza del riferimento al codice Corine Biotopes in tutte le legende delle cartografie utilizzate. Le aree potenzialmente idonee alle risorse pastorali e ai macro tipi identificati sono state determinate tramite l'utilizzo del modello di classificazione statistica Random Forest (RF - Breiman *et al.*, 2001). RF è stato calibrato con le variabili ambientali maggiormente adatte a caratterizzare i macro tipi per il periodo presente. Il modello è stato quindi applicato a tre finestre temporali climatiche future, centrate sul 2020, 2050 e 2080, previste dai due scenari SRES A2 e B2, secondo il modello di circolazione globale HadCM3. I parametri topografici e climatici riferiti al presente e al futuro sono stati estratti dal database WorldClim, mentre i dati di pH del suolo dal Harmonized World Soil Database.

I dataset ambientali e pastorali ottenuti sono stati quindi integrati fra di loro in ambiente GIS ottenendo un unico dataset avente una risoluzione spaziale di 1km x 1km. Tale dataset è stato applicato al modello RF in cui i dati ambientali sono stati utilizzati come variabili predittive, mentre i dati pastorali come variabili risposta.

Nello specifico, mentre le superfici a pascolo sono riportate come presenza/assenza (rispettivamente 1/0) in quanto derivanti da rasterizzazione della Carta Corine Land Cover, quella dei macro tipi, sono rappresentate in percentuale di copertura all'interno di uno stesso pixel. Tali percentuali sono state quindi convertite in presenza/assenza (rispettivamente 1/0), assegnando a ciascun pixel il macro tipo pastorale prevalente in termini di estensione. L'accuratezza della simulazione di RF è stata valutata tramite il calcolo dell'errore interno di classificazione *out-of-bag-error* (OOB) per ogni *bootstrap*

Tab. 1 - Percentage of expansion (+) or reduction (-) of the Alpine pasturelands and pasture macro-types with respect to present period. Tab. 1 - Percentuale di espansione (+) o riduzione (-) rispetto al presente delle superfici a pascolo e dei sette macro tipi individuati.

		Aree a Pascolo	SP	CC	CF	NS	FR	SV	XS
A2	2010-2039	+3	+16	-17	-12	-19	-72	22	+88
	2040-2069	-13	-95	-83	-100	-5	-100	-81	+200
	2070-2099	-10	-96	-97	-100	-30	-100	-90	+356
B2	2010-2039	+1	-10	-33	-98	-4	-81	-20	+115
	2040-2069	+1	-87	-77	-100	-3	-100	-76	+294
	2070-2099	-16	-97	-87	-100	-5	-100	-79	+179

casuale creato dal modello per il periodo presente. Le mappe probabilistiche di output derivanti dall'applicazione di RF sono state quindi convertite in mappe binarie di presenza/assenza tramite il calcolo dell'indice statistico True Skill Statistics (TSS - Allouche *et al.*, 2006) capace di minimizzare l'errore di classificazione.

Una volta calibrato per il periodo presente, RF è stato applicato ai dataset relativi alle tre finestre temporali future in modo da simulare le potenziali espansioni, contrazioni o spostamenti altitudinali delle aree idonee alla presenza del pascolo e dei sette macro tipi pastorali nei due scenari climatici futuri SRES (HadCM3) A2 e B2.

Risultati e Discussione

Sulla base di un approccio metodologico integrato sono stati individuati i sette macro tipi pastorali maggiormente rappresentativi, in termini di estensione, importanza ecologica e rilevanza pastorale, della fascia montana alpina: I) pascoli dominati da arbusti (SP) principalmente appartenenti ai generi *Vaccinium*, *Rhododendron* e *Calluna*; II) pascoli dominati da *Carex curvula* (CC); III) pascoli dominati da *Carex firma* (CF); IV) pascoli dominati da *Nardus stricta* (NS); V) pascoli dominati da *Festuca gr. rubra* (FR); VI) pascoli dominati da *Sesleria varia* (SV); VII) pascoli dominati da specie xeriche (XS). Per ciascun macro tipo sono state definite le principali caratteristiche pastorali, ecologiche e botaniche (dato non riportato).

Per quanto riguarda il periodo presente, il modello RF ha prodotto risultati molto confortanti sia per quanto riguarda la distribuzione delle aree potenzialmente idonee alla presenza del pascolo (OOB = 12%) sia dei sette macro tipi pastorali (OOB = 14.3%). Nel periodo presente, nei 2.08 milioni di ettari potenzialmente idonei alla presenza del pascolo, NS risulta la formazione maggiormente estesa sull'arco alpino italiano, mentre CF, CC e FR quelle meno diffuse.

Relativamente invece all'impatto che i cambiamenti climatici potranno avere sulle risorse pastorali alpine (Tab. 1), i risultati evidenziano effetti non particolarmente marcati sulle aree a pascolo nel loro complesso (riduzione massima della superficie rispetto al presente inferiore al -17%), mentre impatti più severi si riscontrano sulla distribuzione delle superfici dei singoli macro tipi pastorali analizzati. Ad eccezione dei pascoli dominati da specie xeriche e dai Nardeti, che mostrano rispettivamente evidenti espansioni (XP, +356% e +294% relativamente agli scenari A2 e B2) o lievi riduzioni (NS, inferiori al -30%), tutte le formazioni pascolive analizzate subiscono rilevanti contrazioni dell'areale nel futuro. I macro tipi caratteristici delle zone più elevate (CF, SV e CC) sono quelli che presentano le riduzioni maggiori. Le condizioni climatiche previste da entrambi gli scenari SRES determinano, già a metà del secolo, addirittura la totale scomparsa (-100%) delle formazioni meno diffuse (i.e. CF e FR).

Conclusioni

Il presente studio ha prodotto risultati particolarmente rilevanti e innovativi nel settore pastorale in quanto l'applicazione di modelli statistici di classificazione integrati a dati territoriali tramite sistemi GIS è risultata molto efficace non solo per caratterizzare le aree a pascolo, ma anche per valutare le possibili conseguenze che il cambiamento del clima futuro potrà avere sulla loro distribuzione e composizione. Sebbene le condizioni climatiche previste non sembrano condizionare la potenziale distribuzione del pascolo nel suo complesso, le proiezioni future previste dal modello HAdCM3 mostrano risultati preoccupanti per gli ecosistemi che attualmente dominano le quote più alte delle Alpi. Pertanto, il progressivo abbandono dei territori alpini congiuntamente alle condizioni climatiche future previste potranno determinare, in mancanza di concrete strategie di mitigazione, una graduale perdita della biodiversità cenotica e paesaggistica caratteristica del territorio alpino.

Bibliografia

- Allouche O., Tsoar A., Kadmon R., 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43 1223-1232.
- Breiman L., 2001. Random Forests, *Machine Learning* 45 1: 5-32.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007: The Physical Science. Contribution of Working Group I and II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*