

IL TELERILEVAMENTO NELLA VALUTAZIONE DELLE MISURE AGROAMBIENTALI. IL BIOLOGICO IN SARDEGNA.

Claudio ZUCCA (*), Roberto COLOMBO (**), Stefano LO PRESTI (***),
Silvia MUSINU (*), Lorenzo SEGUINI(**)

(*) NRD (Nucleo Ricerca Desertificazione), Viale Italia 57 Sassari, Tel. 0792111016, Fax 079217901, nrd@uniss.it

(**) DISAT (Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio), Piazza della Scienza 1 Milano,

Tel. 02 64482819, Fax 02 64482895, roberto.colombo@unimib.it

(***) Agriconsulting, via Vitorchiano 123 - Roma-, Tel. 06 33088240, Fax. 06 33088234, s.lopresti@agriconsulting.it

Riassunto

La Commissione Europea ha recentemente stabilito criteri e regolamenti in merito alla valutazione degli impatti delle Misure agroambientali (MA) relativi al miglioramento della qualità del suolo e dell'acqua. Per dare una risposta esaustiva ed oggettiva alle esigenze di valutazione e monitoraggio sono necessari indicatori efficaci. In Sardegna, il principale impatto dell'esercizio delle attività zootecniche sui processi erosivi e sulla fertilità dei suoli è dato dalla diffusione delle pratiche aratorie in condizioni pedologiche e morfologiche non idonee, fenomeni che in alcuni casi sono stati favoriti da incentivi non adeguatamente calibrati. A questo proposito, vengono presentati alcuni indicatori finalizzati alla valutazione dell'impatto degli incentivi erogati alle aziende biologiche sarde del settore zootecnico, ottenuti mediante un'analisi multitemporale (1994-2004) basata su immagini Landsat, acquisite in date tali da evidenziare l'evoluzione delle superfici arative in tre differenti fasi di applicazione delle misure agroambientali.

Abstract

The recent EU regulations on the assessment of the environmental impact of the agro-environment measures requires the competent authorities to develop and implement suitable and quantitative indicators, in particular related to the soil loss and soil quality. The present work shows the applications on RS-based indicators used to assess the impact of the organic farming incentives on the dynamics of the extent of the arable lands in two samples areas in Sardinia (Italy), particularly interested by this kind of agro-environment measure. The work cover the period 1994-2004 and is based on multitemporal analysis of Landsat images.

Introduzione

La Commissione Europea ha recentemente stabilito criteri e regolamenti in merito alla valutazione degli impatti delle Misure agroambientali (MA) relativi al miglioramento della qualità del suolo e dell'acqua. Il Questionario Valutativo Comune (Doc. STAR Vi/12004/00), individua, tra i principali effetti delle MA, il miglioramento della qualità del suolo (Quesito VI.1.A) e della qualità delle acque superficiali e sotterranee (Quesito VI.1.B). Per dare una risposta esaustiva ai quesiti sono necessari indicatori efficaci aderenti alle specificità pedo-climatiche ed agricole delle singole regioni, e soprattutto è necessario definire metodi oggettivi e quantitativi per consentire la ripetitività e la confrontabilità delle misure, necessarie ai fini del monitoraggio. In particolare il Quesito VI.1.A ed il criterio VI.1.a-1 "l'erosione del suolo è stata ridotta", costituiscono un aspetto di particolare complessità. In Sardegna, il principale impatto dell'esercizio delle attività zootecniche sui processi erosivi e sulla fertilità dei suoli è dato dalla diffusione delle pratiche aratorie in condizioni pedologiche e morfologiche non idonee.

A questo proposito, vengono presentati alcuni indicatori basati sulle tecniche di telerilevamento, finalizzati alla valutazione dell'impatto degli incentivi erogati alle aziende biologiche sarde del settore zootecnico. Infatti, mentre uno degli scopi ambientali dell'agricoltura biologica è di ridurre l'intensità delle pratiche agricole e quindi l'impatto ambientale, recentemente si è insinuato il dubbio che in certe aree la disponibilità di incentivi abbia portato ad una espansione delle superfici arative in zone collinari marginali, con elevati rischi potenziali in rapporto ai fenomeni erosivi. Il lavoro è stato svolto in due comprensori collinari campione della Sardegna centro-settentrionale.

Materiali e metodi

Le aree campione sono state scelte sulla base di due criteri: impatto economico reale delle misure agroambientali (comuni con superficie impegnata per "agricoltura biologica" superiore alla media della Sardegna secondo la Banca Dati Agea) e vulnerabilità ambientale (rischio di desertificazione, secondo lo studio congiunto ERSAT-SAR; Motroni et al., 2005). Le aree da analizzare sono risultate quelle aventi i valori più alti nelle combinazioni tra i due fattori. Per la scelta delle immagini, il periodo compreso tra agosto e settembre è stato ritenuto il più adatto per un'accurata identificazione dei suoli arativi e pascolivi, generalmente nudi in quel periodo, rappresentando la situazione ereditata dalla stagione agricola precedente. Sono state selezionate tre immagini acquisite rispettivamente nel 1994 (07/09), precedente all'inizio dell'introduzione delle misure agroambientali; nel 2000 (30/08) in condizioni di massima applicazione delle misure e infine nel 2004 (17/08), nella fase di brusco declino dell'applicazione. Le immagini sono state georiferite (WGS), con un errore residuale mai superiore a un pixel e quindi normalizzate atmosfericamente.

Per valutare le dinamiche di uso del suolo sono state impiegate tecniche di classificazione automatica delle immagini satellitari e tecniche di *change detection* al fine di valutare la convergenza dei risultati. Da questa analisi sono state preventivamente riconosciute ed escluse le superfici che hanno subito dinamiche che potrebbero confondere le variazioni legate all'attività agro-pastorale (e.g. aree urbane, corpi idrici, aree bruciate). Le classi spettrali sono state individuate in accordo alla legenda CORINE e quindi accorpate in tre tipologie:

- i) Vegetazione densa (corrispondente a boschi densi, macchia su versanti acclivi, aree agricole vegetate e uliveti);
- ii) Vegetazione rada, (corrispondente a boschi molto radi, pascolo arborato, macchia fortemente degradata e/o pascolo arbustato, zone coperte da cisto e colture irrigue;
- iii) Suoli nudi e/o affioramenti rocciosi (per lo più corrispondenti a suoli privi di vegetazione o con vegetazione estremamente rada al momento della ripresa e quindi relativi a pascoli e colture annuali non irrigue).

Inoltre, al fine di verificare l'affidabilità delle classificazioni, sono state applicate tecniche semi-empiriche di analisi dei cambi basate su indici spettrali (NDVI e SAVI, Huete, 1988) e parametri biofisici (indice di area fogliare, LAI e copertura frazionaria, Fc). In mancanza di misure di terreno, in questo studio Fc è stato ottenuto utilizzando una relazione semi-empirica (Carlson e Ripley, 1995) a partire da indici di vegetazione spettrale calcolati in base alle riflettanze delle immagini Landsat. Le mappe di copertura frazionaria ottenute sono state riclassificate in 5 classi di copertura e calcolate le corrispondenti aree, in percentuale, ai fini di analizzare il loro comportamento nel tempo. I risultati sono stati analizzati sia per area che per singolo comune.

Risultati

A seguito dell'applicazione delle tecniche di classificazione automatica delle tre immagini Landsat è stato riscontrato un trend di incremento delle superfici a suolo nudo dal 1994 al 2000 ed una successiva diminuzione dal 2000 e 2004 in ciascuna area (Figura 1a e 1b). In entrambe le aree di studio si è riscontrata una evidente correlazione inversa tra dinamica del suolo nudo e vegetazione rada, con un lieve e costante incremento della vegetazione densa nel tempo. Ciò suggerisce che a fronte della graduale rinaturalizzazione di superfici marginali, un po' più accentuata nell'area

settentrionale, una dinamica di espansione e contrazione dei “suoli nudi” interessi superficiali importanti e si verificano a spese delle aree circostanti di vegetazione rada.

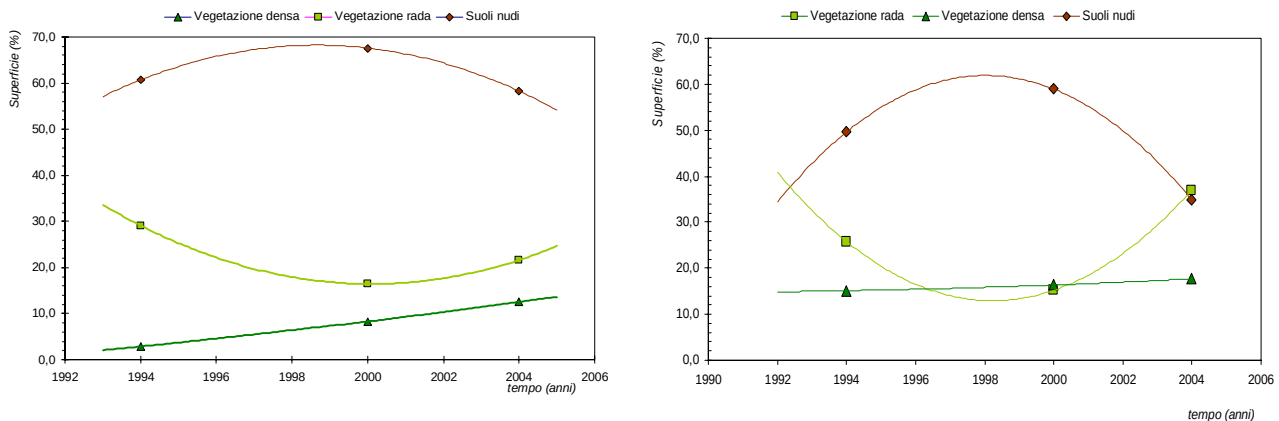


Figura 1. Dinamica delle tre classi nell'area settentrionale (sinistra) e meridionale (destra)

L'andamento della copertura frazionaria nel tempo è riportato nella Figura 2. Nell'area settentrionale, l'aumento di suolo nudo (classe 0-5%) tra gli anni 1994 e 2000 avviene in contemporanea ad una diminuzione della vegetazione rada (5-25%). La vegetazione densa (25-100%) tende invece ad aumentare, sia nell'intervallo tra gli anni 1994-2000 sia in quello successivo. Anche se i valori percentuali di suolo nudo, rispetto al totale, sono minori rispetto a quelli ottenuti tramite classificazione automatica, le dinamiche temporali sono sostanzialmente coerenti.

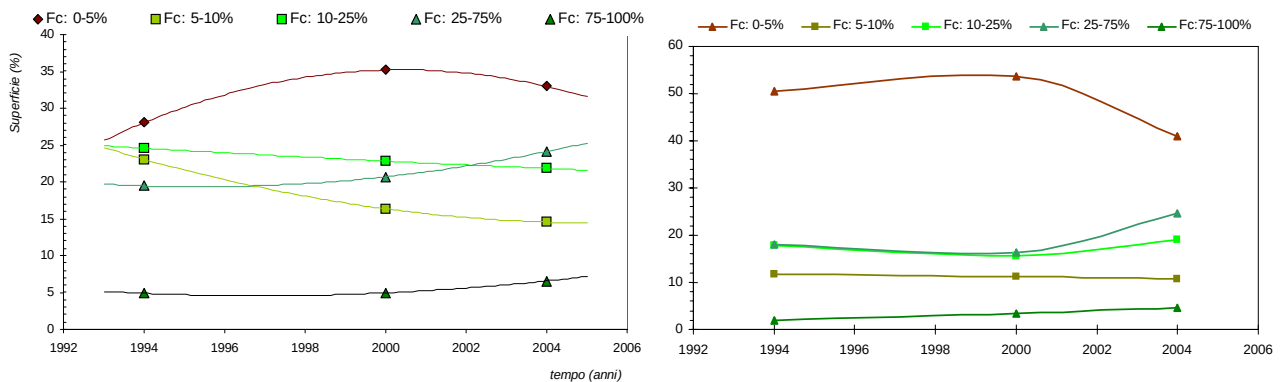
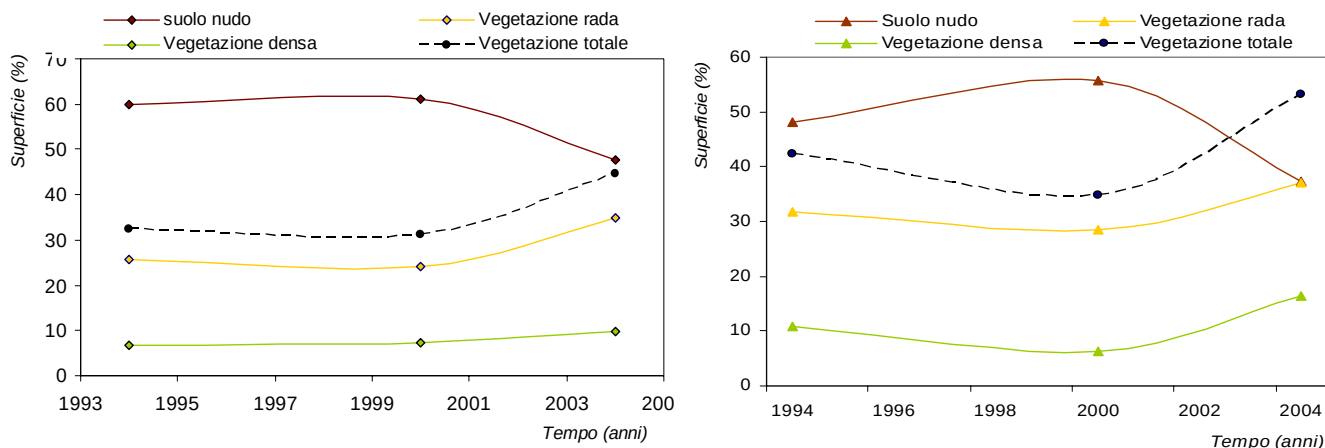


Figura 2: Dinamica delle classi di Fractional Cover nell'area settentr. (sinistra) e merid. (destra)

Al fine di validare i risultati del Fc, la mappa di copertura frazionaria della zona settentrionale ottenuta per l'anno 2000 è stata inoltre confrontata con le percentuali di copertura ottenute interpretando visivamente le ortofoto del 2000 in 31 aree test della superficie approssimativa di 3ha (ottenendo un coefficiente $r^2=0,77$). Ciò ha permesso di valutare l'affidabilità del parametro Fc come indicatore di dinamiche temporali. Si è osservata una debole sovrastima dei valori di copertura ottenuti, soprattutto per valori elevati di Fc e una buona correlazione tra i due prodotti. Nell'area meridionale il suolo nudo aumenta sensibilmente tra gli anni 1994 e 2000 a spese della vegetazione rada (10-25%). Questo andamento si inverte per il periodo di tempo compreso tra il 2000 ed il 2004. Opposto è il caso della vegetazione molto rada (5-10%), per la quale si osserva una stretta corrispondenza con i valori percentuali risultanti dalla classificazione automatica. Pertanto in questo caso si constata una coincidenza espressa non solo in termini di dinamiche ma anche dei corrispondenti valori. La vegetazione densa invece aumenta leggermente sia tra gli anni 1994 e 2000, sia nel successivo intervallo considerato.

Infine, anche l'analisi condotta tramite l'indice SAVI riclassificato ha confermato che, nell'area settentrionale, il suolo nudo tende ad aumentare leggermente tra gli anni 1994 e 2000, a discapito della vegetazione rada, per poi diminuire nel 2004 (Figura 3). Per l'area meridionale il suolo nudo presenta un aumento più evidente per l'intervallo 1994-2000, ed una netta diminuzione in seguito. Sia la vegetazione densa che quella rada hanno andamento opposto.



Una indagine a livello aziendale (figura 4) conferma il trend. La dimensione media degli allevamenti risulta quasi sempre superiore per le aziende Biologiche rispetto a quelle Convenzionali (aziende di controllo), eccetto che per l'ultimo anno in cui si è avuta una inversione. Il carico è cresciuto nelle aziende biologiche, con un massimo nell'anno 2000.

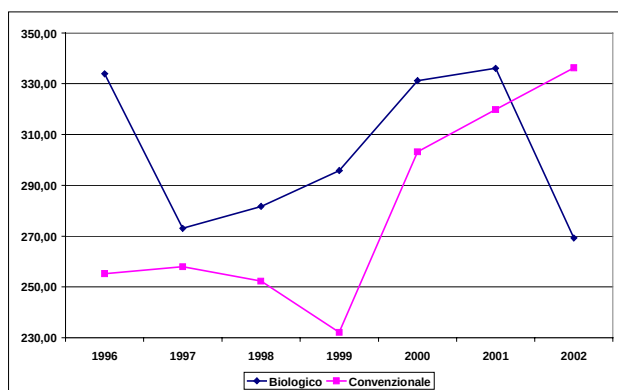


Figura 4: Consistenza iniziale (al 1° settembre) delle pecore adulte e delle primipare per un campione di aziende. Fonte: dati PERSEO-ARAS. Elaborazione: Antonio Natale coordinatore progetto PERSEO – ARAS.

Di seguito (figura 5) sono riportate le superfici percentuali di suolo nudo (CL. 1), vegetazione rada (CL. 2) e vegetazione densa (CL. 3), ottenute tramite classificazione automatica, per ciascun comune delle due zone di studio, negli anni 1994, 2000 e 2004 (dal totale sono state escluse le aree urbane e industriali, le aree incendiate e i corpi idrici). Per gli anni 1999 e 2003 vengono riportate le superfici che ogni comune ha impegnato nel “biologico”. Le dinamiche evidenziate per le due aree, considerate nel loro insieme, si ripropongono con sorprendente regolarità nella quasi totalità dei comuni interessati sebbene le variazioni calcolate abbiano entità diversa nei singoli casi: i suoli nudi aumentano tra 1994 e 2000, diminuiscono in seguito, mentre la vegetazione rada mostra andamento inversamente correlato e la vegetazione fitta andamento crescente indipendente. In generale sembra esistere un rapporto di causalità tra le variazioni delle superfici impegnate nell'applicazione della Misura (decremento di circa il 25% per entrambe le aree tra il 1999 e il 2003) e la diminuzione media percentuale delle superfici a suolo nudo, tra il 2000 e il 2004, nell'area meridionale. In quella settentrionale, invece, alla drastica riduzione delle superfici impegnate non corrisponde un'altrettanto drastica diminuzione delle superfici a suolo nudo. L'aumento della percentuale di

suolo nudo tra il 1994 e il 2000 appare connesso con la fase di massima applicazione della Misura, tuttavia va segnalato che altri fattori possono aver contribuito a determinare la dinamica: la situazione catastrofica dell'annata agraria 2000; la ridotta disponibilità di erba a causa delle condizioni climatiche sfavorevoli e il costo elevato di mangimi e foraggi (I.N.E.A., 2000) potrebbero aver spinto gli allevatori a ricavare nuove superfici agricole. Allo stesso modo la diminuzione della percentuale di suolo nudo nel 2004 potrebbe essere in parte attribuita alle migliori condizioni climatiche e alle disastrose conseguenze dell'epidemia di "blue tongue". La perdita di 300.000 capi e la maggiore disponibilità di erba, cresciuta in seguito a precipitazioni più abbondanti (I.N.E.A. 2001), potrebbero non aver reso necessario l'utilizzo di tutte le superfici.

Area settentrionale	CL. 1	CL. 2	CL. 3	bio (ha)	CL. 1	CL. 2	CL. 3	bio (ha)	CL. 1	CL. 2	CL. 3
	1994			1999	2000			2003	2004		
Bessude	63.1	25.9	3.7	463.36	75.7	7.8	9.2	201.02	64.3	14.2	14.1
Cheremule	58.7	19.6	6.0	554.65	67.2	7.5	9.6	117.06	59.8	12.9	11.4
Cossoine	68.1	20.4	4.4	660.47	76.5	4.8	11.8	293.60	67.0	11.3	14.5
Giave	72.7	19.3	2.3	1539.98	80.9	5.7	7.8	241.71	74.8	9.9	9.6
Ittiri	73.2	21.7	0.5	1916.19	79.5	13.2	2.7	687.56	71.2	17.3	7.0
Mara	72.1	19.8	2.3	489.06	82.5	6.8	5.1	139.40	73.2	11.6	9.4
M. Rocca Doria	44.7	30.5	1.4	157.08	51.8	18.7	6.0	57.73	38.4	29.9	8.2
Montresta	49.6	30.0	2.4	462.93	45.0	29.6	7.5	79.20	41.9	31.1	8.8
Padria	55.3	28.1	1.9	1617.58	63.4	13.9	8.2	283.93	55.1	19.1	11.0
Putifigari	55.6	33.9	2.2	1057.49	53.7	30.5	7.5	155.02	46.4	31.0	14.2
Romana	76.1	19.9	0.8	454.45	84.9	7.1	4.8	137.53	72.3	15.7	8.8
Thiesi	53.4	32.0	1.5	1381.49	61.7	16.9	8.3	309.83	51.8	24.9	10.2
Uri	76.8	15.5	0.1	1424.89	77.2	13.6	1.7	463.49	68.4	20.3	3.7
Villanova M..	50.5	41.5	3.9	3143.68	60.9	21.3	13.7	457.90	49.7	26.5	19.6
Area meridionale											
Bidoni'	35.9	24.0	5.2	228.97	46.2	2.9	16.0	0	25.9	7.5	31.7
Gavoi	34.3	26.8	28.2	378.66	35.6	37.8	15.9	113.88	17.3	32.4	39.6
Lodine	35.2	29.1	30.9	101.41	41.6	33.7	20.0	31.09	14.5	33.5	47.3
Mamoiada	46.9	31.9	16.4	1315.17	52.5	22.2	20.5	613.30	29.3	18.1	47.8
Ollolai	31.2	24.9	40.4	374.62	32.5	51.0	13.0	164.30	16.2	46.6	33.7
Olzai	51.9	23.9	22.4	2416.71	62.5	24.0	11.8	673.30	36.8	25.1	36.3
Oniferi	54.8	23.0	10.2	1129.47	61.0	10.3	16.8	112.38	35.4	15.8	36.9
Orani	45.4	27.6	14.5	4484.18	56.2	14.2	17.2	497.86	32.4	17.9	37.2
Orotelli	53.9	26.7	3.8	1928.25	67.0	3.8	13.7	317.36	31.2	9.3	43.9
Ottana	64.1	19.9	3.9	1281.98	75.1	2.5	10.4	331.51	54.3	6.6	27.1
Sarule	52.3	27.5	18.6	2420.44	62.8	21.6	13.9	255.82	37.8	22.4	38.2
Sedilo	66.8	15.8	6.7	2126.41	77.8	4.5	7.1	430.22	55.6	7.2	26.6
Sorradile	37.2	32.1	15.8	495.72	53.0	12.9	19.3	0	20.2	21.3	43.7

Figura 5: Superfici percentuali per le diverse classi di copertura e superfici (in ha) impegnate nel biologico (bio) nei comuni delle aree settentrionale e meridionale.

In generale si osserva una stretta correlazione inversa tra dinamica del suolo nudo e vegetazione rada e, come si è detto, sembrerebbe che gli aumenti/diminuzioni di suolo nudo avvengano a spese di diminuzioni/aumenti della vegetazione rada. Nei comuni di Olzai, Ollolai, Gavoi e Lodine, invece, un incremento delle superfici a vegetazione rada, nel periodo compreso tra il 1994 e il 2000, sembra essere correlato ad un forte decremento delle superfici a vegetazione densa, forse conseguenza di incendi e/o di opere forestali di rinaturalizzazione. Infine, tra il 2000 e il 2004, mentre nell'area settentrionale tutti i comuni seguono senza eccezioni gli andamenti generali descritti, nell'area meridionale, a Ollolai, Gavoi, Lodine e Mamoiada diminuisce la percentuale di vegetazione rada. Questo si accompagna al decremento del suolo nudo, ma ad aumentare è soprattutto la vegetazione densa che si riprende dopo il particolare calo degli anni precedenti. E' possibile che in queste zone si manifesti l'effetto di incendi precedenti (aree bruciate e quindi

ricolonizzate dalla vegetazione; si segnala che in Sardegna, limitatamente ai soprassuoli delle zone boscate percorsi dal fuoco, per dieci anni vige anche il divieto di pascolo) oppure dell'adesione in questi comuni al Reg. CE 2080/92 che prevede, tra le altre cose, un regime di aiuti per l'imboschimento di superfici agricole.

Considerazioni conclusive

Una valutazione critica della metodologia adottata non può non far osservare che, per quanto riguarda la classificazione automatica delle due aree, le tre classi individuate dalla legenda proposta costituiscono una rappresentazione fortemente semplificata della realtà esistente sul territorio. Tuttavia, tale legenda è non solo funzionale agli obiettivi del lavoro, ma è risultata efficace a descrivere la complessità e il grado di frammentazione del territorio alla risoluzione spaziale impiegata. La classe intermedia, di vegetazione rada, include una varietà di situazioni di transizione che possono essere discriminate molto difficilmente sulla base di immagini satellitari Landsat con risoluzione al suolo di 30x30m. Tuttavia, le superfici coperte da boschi radi/pascoli arborati a vario grado di densità, macchia bassa o degradata e pascoli arbustati con differente grado di copertura sono state conservativamente escluse e separate da pixel di suolo nudo relativamente puro. In questo senso si è fatto in modo che gli errori commessi andassero tutti nella direzione di una limitata e prudente sottostima delle superfici arative e dei suoli nudi. È stato osservato in campo che sottostime in rapporto alle superfici arative interessano prevalentemente i "pascoli migliorati" (superfici, utilizzate a pascolo, sulle quali vengono realizzati interventi meccanizzati, con l'intento di incrementare produttività e resa in termini di sostanza secca prodotta) qualora la loro estensione sia inferiore rispetto alla risoluzione spaziale delle immagini oppure in pascoli arborati con densità della copertura tale da consentire lavorazioni meccaniche tra gli alberi.

La mancanza di "verità a terra" per gli anni 1994 e 2000 rende i risultati affetti da errori sconosciuti e pertanto le dinamiche ottenute sono da analizzare in modo relativo piuttosto che valutare i valori assoluti. La validazione condotta in campo per le elaborazioni relative al 2004 e l'utilizzo di punti di copertura desunti da ortofoto per il 2000 hanno comunque dimostrato una sostanziale robustezza dei risultati raggiunti e il confronto tra le diverse tecniche utilizzate assicurano una corretta valutazione degli andamenti osservati. La dinamica messa in luce, nonostante alcune inevitabili semplificazioni metodologiche e sebbene, come si è detto, sia difficile isolare l'effetto di numerosi fattori esterni di varia natura, la cui analisi approfondita va al di là degli scopi del presente lavoro, sembra confermare l'ipotesi secondo la quale in vaste aree della Sardegna ed in particolare in alcune tra le più marginali e fragili dal punto di vista ambientale, l'erogazione dei contributi relativi alla Misura Agroambientale e le massicce adesioni abbiano determinato una espansione delle superfici agricole e pastorali a danno delle formazioni forestali, generando, quindi, impatti ambientali non sempre corrispondenti alle intenzioni del legislatore Comunitario. In condizioni di particolare vulnerabilità, come nel caso delle aree ad alto rischio di desertificazione, l'espansione delle superfici arative potrebbe aver innescato seri processi di degradazione dei suoli.

Bibliografia

- Carlson, T. N., and D. A. J. Ripley, 1997: On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sens. Environ.*, 62, 241–252.
- Colombo R., Boschetti M., Giardino C., Meroni M., Panigada C., Busetto L., Brivio P.A., Marino C.M. e Seufert G.M. (2002) - Osservazioni remote iperspettrali e multiangolari per la stima dei parametri biofisici della vegetazione: parte I - disegno dell'esperimento e analisi dei dati, *Rivista Italiana Telerilevamento*, 24, pp. 5-13.
- Huete, A.R. 1988. A soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sens. Environ.* 25:295–309.
- I.N.E.A., 2000, 2001. <http://www.sitos.regione.sardegna.it>
- Motroni A., Canu S., Bianco G., Loj G. 2005 – Un GIS per l'individuazione delle aree sensibili alla desertificazione (ESAs) nella Regione Sardegna. Mondo GIS genn. Febb 2005, Roma.