

Il telerilevamento satellitare per lo studio multitemporale delle dinamiche agrarie nelle aree del progetto Agrosценari

M. Bocci (*), S. Pellegrini (**), R. Barbetti (**), E.A.C. Costantini (**)

(*) GEOGRAPHIKE srl, Via A. Sansedoni 7, 53100 Siena, tel e fax 0577-588408, m.bocci@geographike.it

(**) CRA-ABP, Piazza M. D'Azeglio 30, 50121 Firenze, tel. 055-2491239, fax 055-241485, edoardo.costantini@entecra.it

Riassunto

Si riportano i risultati di uno studio, condotto nell'ambito del progetto Agrosценari, finalizzato a verificare la possibilità di utilizzare le immagini telerilevate MODIS della decade 2001-2010 per valutare la stabilità di uso e gestione del suolo nell'ambito di alcuni sistemi produttivi (prato-pascolo e seminativo a cereali) in Sardegna e Sicilia. Tale fattore di stabilità colturale era infatti di cruciale importanza per una specifica ricerca volta a valutare modificazioni indotte dai cambiamenti climatici sulle qualità del suolo, in quanto requisito indispensabile per poter osservare possibili variazioni delle caratteristiche dei suoli in aree *test* individuate lungo gradienti climatici.

L'analisi di serie temporali dell'indice di vegetazione NDVI ha consentito di ricostruire firme multitemporali con elevato dettaglio cronologico, permettendo così una valutazione oggettiva delle dinamiche di uso del suolo nelle aree *test* del progetto.

Abstract

We report the results of a study conducted under the framework of the Agrosценari project, aimed to verify the possibility of using the MODIS remote sensing images of the decade 2001-2010 to evaluate the land use stability under some agricultural systems (meadow-pasture and arable land) in Sardinia and Sicily. In fact, the stability of the cropping system was crucial in the context of a research aimed at evaluating possible changes induced by climate change in the soil quality, as a prerequisite to be able to observe possible changes in the soil characteristics in test areas identified along climatic gradients.

The time series' analysis of the NDVI index, allowed us to reconstruct multi-temporal signatures with high chronological detail, so allowing an objective assessment of land use dynamics in the project's test areas.

Il progetto Agrosценari

Il progetto Agrosценari, finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali con D.M. 8608/7303/08 del 07/08/2008, mira a predisporre strumenti cognitivi e decisionali che permettano di orientare l'attività agricola verso forme di adattamento e/o mitigazione del cambiamento climatico secondo criteri di sostenibilità ambientale ed economica, tenendo peraltro conto del valore economico crescente delle risorse idriche.

La finalità Agrosценari è quella di individuare sostenibilità e modalità di adattamento ai cambiamenti climatici di alcuni principali sistemi produttivi dell'agricoltura italiana.

Il presente lavoro riporta i risultati di un'attività preliminare, condotta nell'ambito della linea di ricerca 6/B (Modificazioni indotte nelle qualità del suolo dai cambiamenti climatici), che prevede l'acquisizione di informazioni quantitative su alcuni caratteri del suolo ritenuti suscettibili di alterazione a seguito dei cambiamenti climatici.

Il piano sperimentale prevedeva l'osservazione di possibili variazioni delle caratteristiche dei suoli in aree *test*, diverse fra loro unicamente per clima e pedoclima (climosequenza) (Pellegrini et al., 2013). Risultava quindi indispensabile individuare aree nelle quali non si fossero verificati significativi cambiamenti di uso e gestione del suolo.

Per operare tale verifica, sono state impiegate tecniche di telerilevamento per la ricostruzione multitemporale degli scenari agronomici dagli anni '70 ad oggi presso 113 siti, distribuiti nelle aree del progetto e ritenuti rappresentativi per la stabilità nel tempo della conduzione agraria.

L'obiettivo delle indagini mediante telerilevamento era pertanto quello di valutare i regimi di conduzione agraria negli ultimi 40 anni. Sono state impiegate varie tipologie di fonti informative a diverso livello di risoluzione geometrica e radiometrica, dalle recenti ortofoto digitali distribuite online, a foto aeree storiche e collezioni di immagini satellitari, fino alle prime missioni Landsat MSS. Sono state inoltre utilizzate immagini MODIS della decade 2001-2010 per fornire una caratterizzazione dei siti in oggetto con informazioni ad alta risoluzione temporale (16 giorni) e moderata risoluzione spaziale (250m).

Metodo

Sono stati innanzitutto selezionati i siti del progetto, scartando quelli caratterizzati da una trama parcellare troppo frammentata e utilizzando solo quelli ricadenti in grandi appezzamenti, per ridurre il rumore di fondo indotto nel dato satellitare dalla variabilità nel contesto circostante.

Si è quindi proceduto con l'analisi dei dati satellitari secondo un flusso di operazioni descritto nella Figura 1.

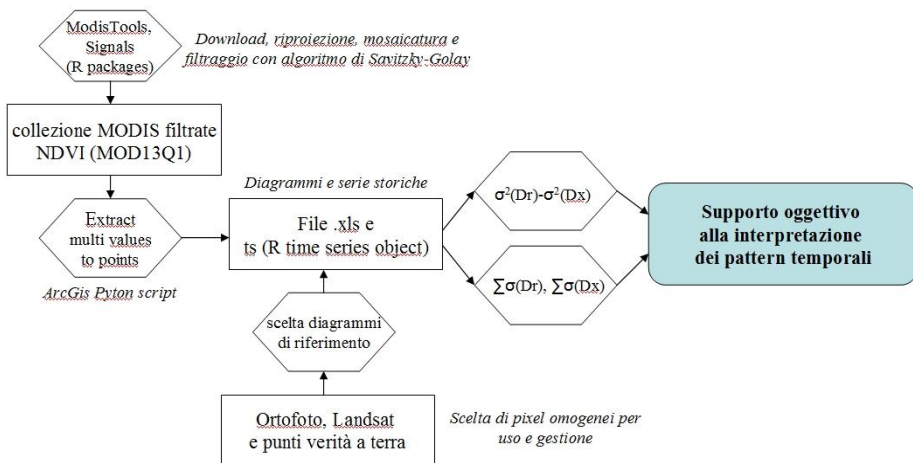


Figura 1 □ Flowchart delle diverse fasi del processo di valutazione delle dinamiche di conduzione agraria. Dr: diagramma di riferimento; Dx: Diagramma del sito di studio.

Per quanto riguarda il dato satellitare sono stati utilizzati i prodotti della serie MOD13Q1 (Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m), estraendo per ogni sito e per ogni data il valore di NDVI. La procedura si è avvalsa del pacchetto “ModisTools” del software R 3.x che permette in maniera automatizzata di scaricare, clippare, mosaicare e riproiettare le immagini. Il pacchetto “Signal” ha permesso invece di applicare il filtro di Savitzky-Golay, che viene utilizzato per smussare serie di dati “rumorosi” (Kim et al., 2014). Successivamente, un apposito script in linguaggio Python in ambiente ArcGis ha consentito di estrarre per ogni sito e per ogni data il rispettivo valore di NDVI. I dati sono stati quindi organizzati con uno schema di data base multitemporale, che per ogni anno prevede 23 dati, uno ogni 16 giorni.

Lo schema utilizzato consente di estrarre facilmente dei diagrammi temporali che forniscono già, sia pure in modo qualitativo, un giudizio sulla dinamica temporale di sistemi colturali diversi nella decade in oggetto.

Le Figure 2 e 3 mostrano come, già da un'analisi qualitativa del dato satellitare, sia possibile ottenere informazioni eloquenti sulle condizioni di *land cover* nel tempo, direttamente correlate con le pratiche agrarie del sito; diventano così disponibili utili informazioni sulla stabilità colturale delle aree in oggetto, altrimenti molto difficili da reperire.

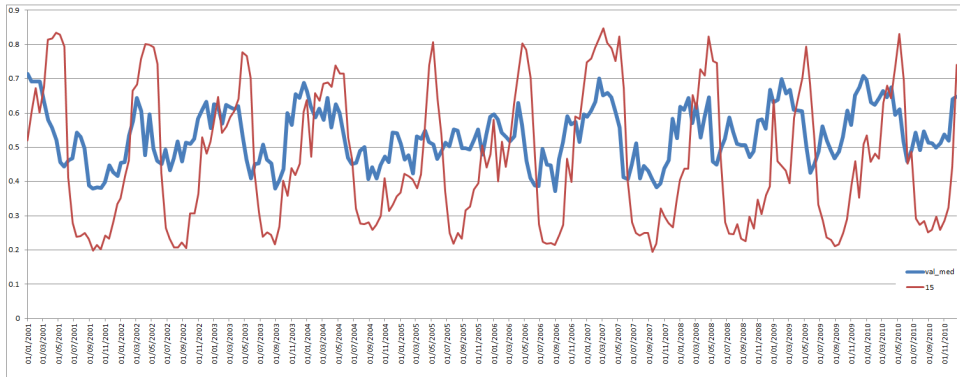


Figura 2 □ Confronto tra l'andamento medio dei valori in siti condotti a prato-pascolo (azzurro) e quelli di un sito con seminativi presenti in tutta la decade (rosso).

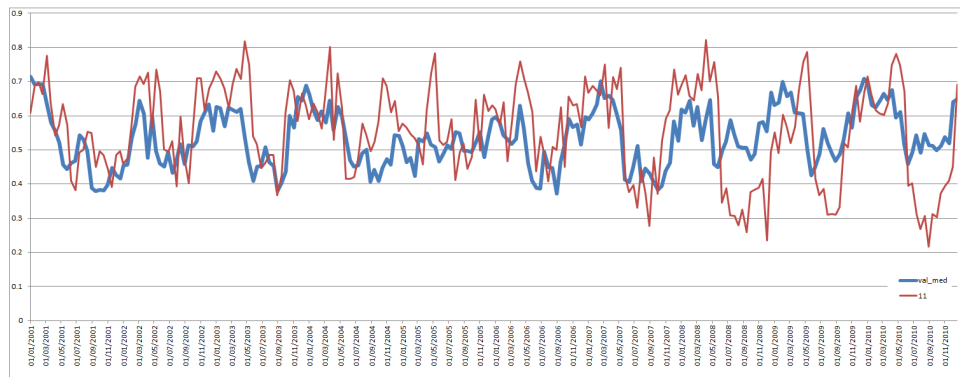


Figura 3 □ Confronto tra l'andamento medio dei valori in siti condotti a prato-pascolo (azzurro) e quelli di un sito con seminativi presenti solo negli ultimi anni della decade (rosso).

Per rendere l'analisi maggiormente oggettiva, i dati raccolti sono stati elaborati in modo da fornire degli indicatori. Sono stati individuati due metodi, entrambi basati sulla definizione preliminare di un andamento di riferimento (Dr), caratteristico e relativo a territori con stabilità di NDVI nell'anno, riferibili, nel nostro caso, a prati-pascolo non avvicendati. Tale andamento di riferimento è stato determinato utilizzando la media dei valori di NDVI relativi a siti che, dall'analisi di tutti i dati raccolti, risultavano coltivati stabilmente a prato-pascolo per tutta la decade.

I due metodi sono basati rispettivamente sulle seguenti considerazioni:

- 1) Confronto, per ogni annualità, tra la varianza del valore medio di NDVI per le aree a prato-pascolo stabile, scelte con la logica della verità a terra, e la varianza del sito in esame;
- 2) Somma degli scarti quadratici tra i dati del sito in esame rispetto a quelli del sito di riferimento.

Il primo metodo si concentra sull'evidenziare la variabilità del dato all'interno di un periodo di riferimento (1 anno), per cui nel caso di prati-pascolo stabili i valori di NDVI sono attesi con una variabilità molto inferiore rispetto a quelli in zone con seminativi, per i quali all'interno di un anno si osservano condizioni di *land cover* estremamente diverse.

Il secondo invece, prende in carico l'esame delle differenze di valore, per tutte le date, tra il sito di riferimento e quello in esame, sintetizzando poi per ogni anno la somma degli scarti per le 23 date presenti in ogni ciclo annuale.

Nelle Figure 3 e 4 si riportano, rispettivamente, gli andamenti nella decade dei due indicatori sopra descritti, riferendosi al caso del sito rappresentato anche nella Figura 2, per il quale il dato satellitare indica un regime culturale di una certa stabilità fino al 2007, seguito poi da regimi culturali riferibili a seminativi per le evidenti variazioni cicliche di NDVI dopo tale data.

Risultati

Entrambi i metodi consentono di definire soglie di riferimento (linea tratteggiata celeste nelle Figure 4 - 9) da utilizzare per valutazioni oggettive, anche implementabili in routine decisionali.

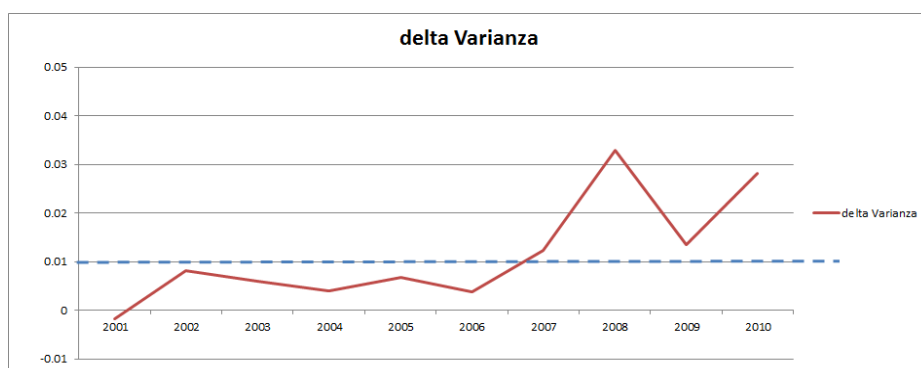


Figura 4 □ Diagramma dell'indicatore basato sulla differenza tra le varianze in periodi annuali tra il dato di riferimento (prati stabili) ed il sito in esame.

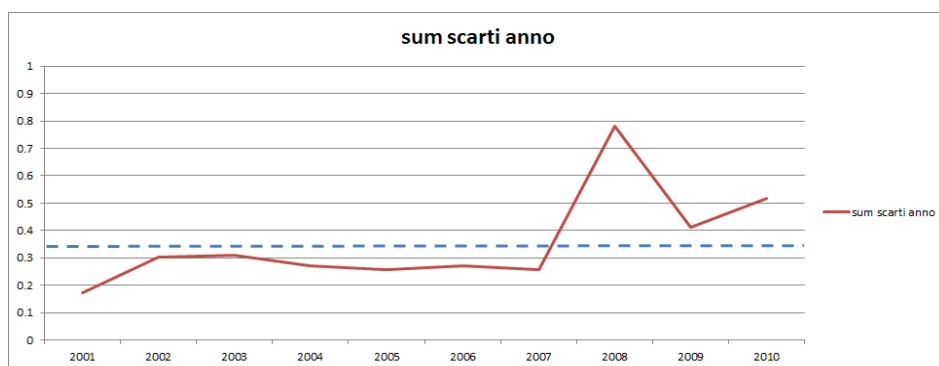


Figura 5 □ Diagramma dell'indicatore basato sulla somma degli scarti quadratici tra i valori di NDVI del sito in esame e quelli del sito di riferimento (prati stabili).

Nelle seguenti figure si riportano gli andamenti di un sito con seminativi accertati in tutta la decade (figure 6 e 7) e di un sito invece in cui il dato satellitare indica la presenza di prati-pascoli stabili nei 10 anni (figure 8 e 9).

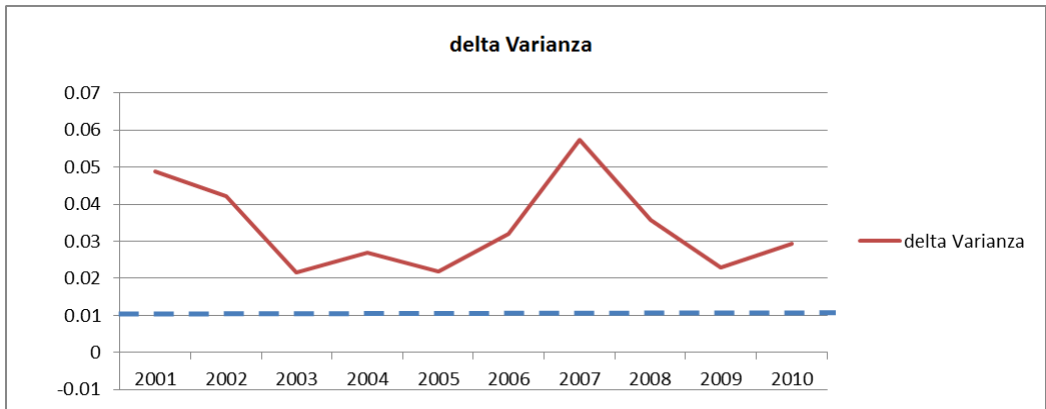


Figura 6 □ Diagramma dell'indicatore basato sulla differenza tra le varianze in periodi annuali tra il dato di riferimento (prati stabili) ed il sito in esame.

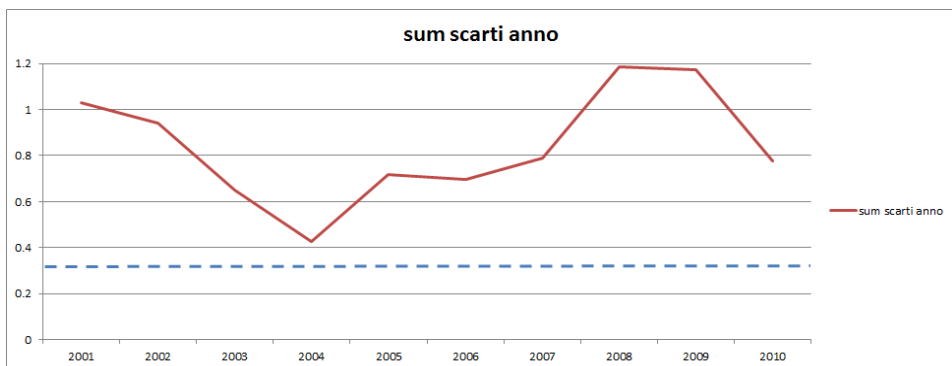


Figura 7 □ Diagramma dell'indicatore basato sulla somma degli scarti quadratici tra i valori di NDVI del sito in esame e quelli del sito di riferimento (prati stabili).

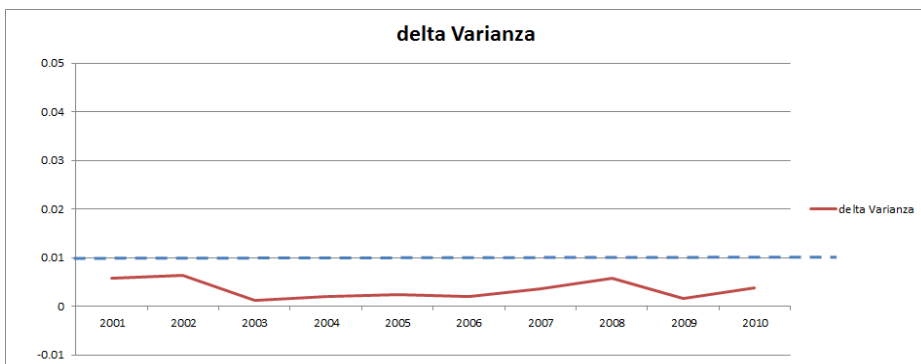


Figura 8 □ Diagramma dell'indicatore basato sulla differenza tra le varianze in periodi annuali tra il dato di riferimento (prati stabili) ed il sito in esame.

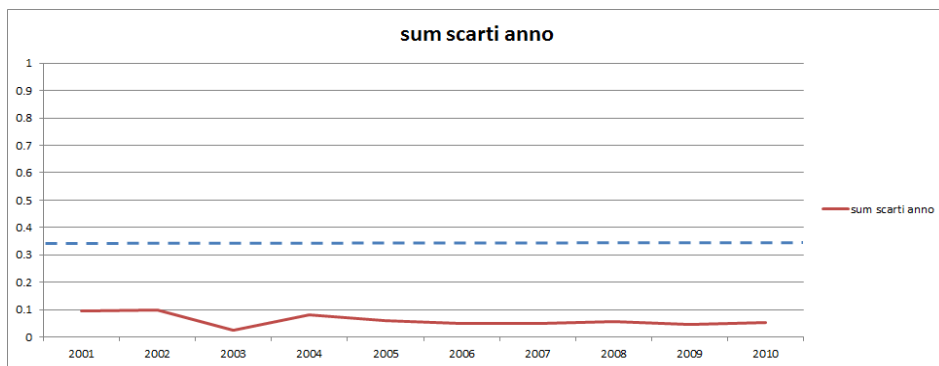


Figura 9 □ Diagramma dell'indicatore basato sulla somma degli scarti quadratici tra i valori di NDVI del sito in esame e quelli del sito di riferimento (prati stabili).

I casi in esame, per i quali si evidenziano vari tipi di conduzione, prima un cambiamento di pratica agronomica tra il 2007 ed il 2008, poi un caso di seminativi costanti nella decade ed infine un caso di prati stabili, confermano la validità di tale metodologia per valutare la stabilità di conduzione agraria.

Conclusioni

L'analisi delle serie temporali dell'indice di vegetazione NDVI ha consentito di ricostruire firme multitemporali che descrivono con elevato dettaglio cronologico l'andamento di tale parametro, direttamente correlabile a fasi e tipologie colturali (Verbesselt et al., 2010), permettendo così una valutazione oggettiva delle dinamiche di uso del suolo nelle aree *test* del progetto.

I risultati ottenuti consentono quindi di affermare come tale metodologia di analisi dei dati MODIS possa fornire un valido supporto nella verifica della stabilità colturale, soprattutto basandosi su robuste basi di verità a terra; consente inoltre di ottenere dei dati sintetici ed estensivi (mappe di stabilità) che possono essere utilizzati in studi a scala territoriale che abbiano come obiettivo la determinazione del grado di instabilità e dinamicità della struttura del sistema agrario, e la definizione di indicatori di diversificazione colturale (IDC) o di successione colturale (ISC) (Bockstaller e Girardin, 2003).

Riferimenti bibliografici

- Bockstaller C., Girardin P. (1997), "Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems", *European Journal of Agronomy*, 7:261-270.
- Kim S.R., Prasad A.K., El-Askary H., Lee W.K., Kwak D.A., Lee S.H., Kafatos M. (2014), "Application of the Savitzky-Golay Filter to Land Cover Classification Using Temporal MODIS Vegetation Indices", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 80, 7, 675-685.
- Meroni M., Atzberger C., Léo O. (2014), "Monitoring agriculture and agri-environmental conditions with Earth Observation", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* □ *Special Issue*.
- Pellegrini S., Agnelli A.E., Andrenelli M.C., Barbetti R., Fiori V., Madrau S., Vignozzi N., Costantini E.A.C. (2013), "Le climosequenze: strumenti per valutare gli effetti dei cambiamenti climatici su alcune proprietà e caratteri funzionali del suolo – un caso studio in Sardegna", *Italian Journal of Agrometeorology - Atti del Convegno Agrosценari: agricoltori, politiche agricole e sistema della ricerca di fronte ai cambiamenti climatici*, Ancona, 1-2 marzo 2012, pp. 55-56.
- Verbesselt J., Hyndman R., Newnham G., Culvenor D. (2010), "Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series", *Remote Sensing of Environment*, 114(1), 106-115.