

La qualità delle osservazioni nelle analisi di serie temporali di dati NDVI a scala regionale in Africa

M. Boschetti (*), D. Stroppiana (*), P.A. Brivio (*), B. Combal (**), E. Batholomè (**)

(*) CNR-IREA, Milano, Italy

(**) IES-JRC, Ispra (Va), Italy

Riassunto

Il Core Information Service NARMA (NATURAL Resource Monitoring in Africa) del progetto EU FP-7 GeoLand 2 intende rendere disponibile ai Centri Economici Regionali dell'Africa una serie di indicatori dello stato dell'ambiente derivati dai dati di Earth Observation. La maggior parte di questi indicatori si basa su SPOT/Vegetation e in particolare sui dati VGT S10-NDVI di cui sono disponibili serie temporali estese su più di dieci anni. Gli indicatori sono usati per definire la condizione attuale della copertura vegetale rispetto ad uno stato di riferimento che viene costruito su base statistica. Il prodotto VGT S10-NDVI viene generato sulla base del principio del valore massimo di NDVI nell'intervallo dei dieci giorni. Nonostante questo approccio di sintesi temporale permetta di limitare i disturbi sul segnale dovuti alla presenza di copertura nuvolosa o a contaminazione dell'atmosfera, questi effetti non vengono del tutto eliminati e in loro presenza gli indicatori prodotti non sono affidabili. In questo lavoro viene condotto uno studio sulla qualità delle osservazioni utilizzate nella serie temporale (1999 – 2008) sull'Africa Ovest analizzando sia lo Status Map (SM), informazione ancillare che accompagna il dato, sia la presenza di rumore persistente nei dati stessi. In particolare sono state prese in considerazione sia le frequenze cumulate del *flag* SM, sia l'identificazione di sequenze consecutive di decadi con *bad* SM, sia infine la frequenza dei cambiamenti di segno della derivata del segnale. I risultati ottenuti indicano che la qualità delle osservazioni per aree anche molto estese, in particolare per la maggior parte dei paesi affacciati sul Golfo di Guinea, è tale da rendere inaffidabile la derivazione di indicatori. Per queste zone è in corso di valutazione la possibilità di integrare la serie temporale con dati derivati dalle osservazioni del sensore SEVIRI a bordo di Meteosat Second Generation.

Abstract

The EU-FP7 project Geoland2 intends to constitute a major step forward in the implementation of the GMES Land Monitoring Core Service (LMCS). Natural Resource Monitoring in Africa (NARMA) is one of the Core Information Services of geoland2 addressing important sectoral policies that concerns with the development of an environmental monitoring capacity over African countries for the needs of the EC services and for regional and continental EC partners in African countries. NARMA will provide environmental indicators, via traditional weather broadcasting antenna, in order to support agro-ecosystems monitoring activities. The indicators are mainly produced exploiting SPOT/Vegetation data. In particular the VGT S10-NDVI is the basic input for the calculation of more sophisticated indicators. VGT S10-NDVI is produced adopting a Maximum Value Composite approach in order to reduce the noise related to cloud contamination. Previous analysis showed that in some geographic areas the VGT S10-NDVI data still present strong problem limiting their operational use. This paper reports the analysis conducted on a 10 years data set (1999-2009) of VGT S10-NDVI data. The aim of the study is to identify geographic areas with persistent problems in order to mask that out or to indicate them as not reliable for VGT S10 NDVI use. To achieve this objective both the Status Map (SM) flags, related to the VGT S10 product

quality, and the temporal profile of NDVI data were analyzed. In particular three maps were computed according to specific criteria identified: 1) statistical analysis of area presenting consistent Bad data reported by SM, 2) analysis of consecutive bad values occurrence and 3) analysis of changes on derivative signal (negative vs positive) of NDVI temporal profile as an index of oscillations and noise. The study was conducted over the territory belonging to the Economic Community of West African States – ECOWAS. Results showed that over wide area of this territory, in particular the Guinea Gulf countries, S10 NDVI is not reliable. As a possible solution NARMA project intends to exploit the high frequency acquisition of SEVIRI, optical sensor on Meteosat Second Generation satellite, to overcome the highlighted problem over the Guinea Gulf area.

NARMA-GEOLAND2

Il seguente studio si inquadra nelle attività del progetto EU-FP7 Geoland2 (<http://www.gmes-geoland.info/>). Geoland2 intende implementare il Land Monitoring Core Service (LMCS) del programma congiunto Commissione Europea ed ESA GMES (Global Monitoring Environment and Security). In particolare il Core Information Service NARMA (Natural Resource Monitoring in Africa) deve fornire informazioni a supporto dello sviluppo di un sistema di monitoraggio dell'ambiente del Continente Africano le cui informazioni siano di primario utilizzo per le comunità economiche africane e di supporto alle politiche di aiuto comunitarie. Le attività di NARMA si coordinano con quelle di altre iniziative Europee sul continente Africano come il programma AMESD (www.amesd.org) un progetto coordinato fra Unione Africana e Unione Europea e con il supporto di EUMETSAT. In questa fase sono state individuate cinque aree di intervento corrispondenti ad altrettante comunità economiche regionali (REC), per le quali sono stati già identificati temi di interesse (THEMA) a cui NARMA deve dare un contributo. Per ogni REC è stato individuato un relativo centro di implementazione regionale (RIC) che svolge da struttura di supporto per la realizzazione e messa in opera del sistema di elaborazione e disseminazione delle informazioni a carattere ambientale sul territorio del REC (fig. 1).

REC	RIC	THEMA
ECOWAS	AGRHYMET (Niamey, Niger)	Water management for cropland and Rangeland
CEMAC	CICOS (Kinshasa, Congo)	Water resources management
SADC	BDMS (Gaborone, Botswana)	Agricultural and environmental resources management
IGAD	ICPAC (Nairobi, Kenya)	Land degradation mitigation and natural habitat conservation
IOC	MOI (Quatre-Bornes, Mauritius)	Coastal and marine management



Figura 1 – Distribuzione dei REC che il progetto NARMA deve supportare per il monitoraggio delle risorse naturali.

Area di studio e problematiche

L'area di studio comprende gli stati dell'ECOWAS (Economic Community of West African States) ovvero i 16 paesi dell'Africa occidentale che nel 1975 hanno costituito la Comunità Economica degli Stati dell'Africa Occidentale. Il monitoraggio delle risorse naturali in quest'area, nel contesto di NARMA, e il supporto ai singoli stati è demandato al centro AGRHYMET (<http://www.agrhyment.ne/eng/index.html>) di Niamey, Niger. AGRHYMET fornisce bollettini periodici principalmente a carattere agro-meteorologico le cui informazioni sono il risultato congiunto di analisi di campo, misure meteorologiche e utilizzo di dati ottenuti da Osservazioni Remote come i prodotti del sensore SPOT-VEGETATION (VGT). Serie temporali di indici di

vegetazione prodotti da VGT come l'NDVI o suoi derivati quali ICN - Indice de Croissance Normalisée o VPI - Vegetation Production Index (Sannier et al., 1998) vengono usati per il monitoraggio delle colture, dei pascoli e degli ecosistemi naturali (Liu and Kogan, 1996; Martini et al., 2005). Le analisi prima condotte sulla sola area sub-sahariana vengono oggi estese a tutto il territorio dei paesi ECOWAS. Un monitoraggio così vasto presenta parecchie difficoltà, in primo luogo per la diversità di ecosistemi, colture, pratiche agricole e situazioni climatiche che si incontrano ma anche per la necessità di avere dati consistenti su tutto il territorio. Quest'ultimo aspetto è particolarmente rilevante per i dati remoti utilizzati rappresentati principalmente da sintesi decadali di NDVI (S10 NDVI). Tali sintesi vengono create per minimizzare l'influenza delle nuvole che contaminano il segnale selezionando per ogni pixel l'osservazione migliore all'interno della finestra temporale (vedi sezione successiva). Purtroppo le zone tropicali della regione ECOWAS presentano problemi di contaminazione nuvolosa anche per sintesi decadali e ciò è dovuto alla presenza costante nel periodo delle piogge di una fitta copertura nuvolosa. Tale condizioni limita fortemente un utilizzo operativo dei dati NDVI. La figura 2 mostra come pur presentando ancora del rumore residuo il segnale NDVI per aree sub-sahariane (punti 1 e 2) sia in grado di descrivere l'andamento stagionale delle vegetazione tipica di queste latitudini (fig. 2b). NDVI risulta basso per i primi mesi dell'anno ed inizia a crescere a partire dalla 15° decade (maggio) fino ad un massimo estivo (decadi 25-30) seguito da un successivo calo tipico della senescenza di fine stagione. Le differenze del segnale, ad esempio NDVI più alto l'NDVI per il punto 1 rispetto al punto 2, sono diagnostiche delle caratteristiche dell'ecosistema. Discorso diverso deve essere fatto per i profili di NDVI derivati per le aree tropicali. I punti 4 e 3 sono stati campionati in corrispondenza di foreste dense caratterizzate da una costante copertura vegetale nel corso dell'anno. Il segnale NDVI non riesce però a fornire informazioni utili a causa della contaminazione delle nuvole. A dimostrazione di ciò si può notare come la parte centrale dei profili, corrispondente all'estate ovvero al momento di massimo sviluppo, presenti valori di NDVI più bassi per il semplice fatto che tale periodo è anche quello più nuvoloso.

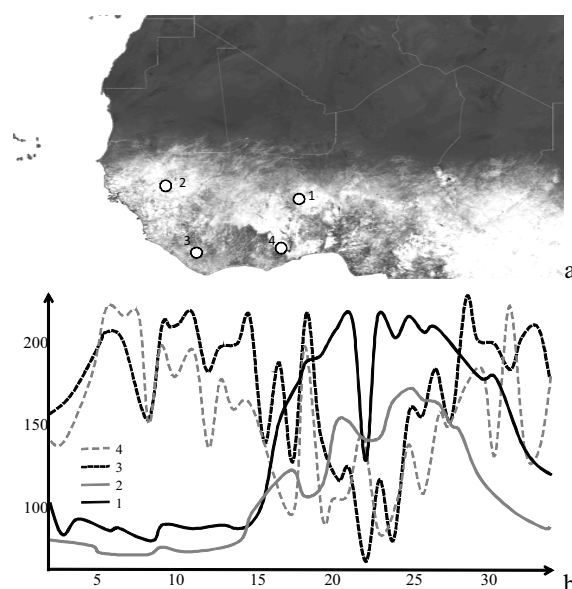


Figura 2 – Immagine SPOT-VGT NDVI per la decade 22 (luglio 2003) (a). Profili NDVI derivati per due aree sub-sahariane e due tropicali.

Dati e Metodi

Il presente lavoro descrive l'analisi condotta per valutare la qualità dei dati NDVI forniti dal progetto NARMA al fine di un loro utilizzo operativo per un monitoraggio delle risorse naturali sull'intero territorio delle nazioni ECOWAS. I dati usati sono, come già menzionato, quelli provenienti dal sensore SPOT-VGT forniti dal progetto del 6° Programma Quadro dell'Unione Europea VGT4AFRICA (<http://www.vgt4africa.org/>) sotto forma di sintesi decadal. Il prodotto VGT S10-NDVI è in particolare il risultato di un Maximum Value Composite temporale: per ogni pixel viene selezionata l'osservazione ritenuta migliore, NDVI massimo, nell'intervallo temporale considerato sulla base del suo valore di NDVI. Cali del valore NDVI nei dieci giorni analizzati si possono infatti ricondurre all'abbassamento del segnale come conseguenza della contaminazione delle nuvole. I dati così processati vengono forniti accompagnati da metadati (Status MAP, SM) descrittivi le caratteristiche del composite e la qualità del prodotto finale. I dati SM contengono quindi le informazioni circa la qualità dell'osservazione usata per il composite. I *flag* possibili sono quattro: *Clear*, *Cloud*, *Haze* e *Shadow*. In questo studio le ultime tre codifiche sono state interpretate come *Bad data* ovvero osservazioni contaminate o compromesse. Per definire una maschera di validità dei dati VGT S10-NDVI si è proceduto ad analizzare sia le informazioni dello SM sia le serie temporali di NDVI, per valutarne il rumore residuo presente, per un data set di 10 anni (1998-2008). Per l'analisi si sono scelti tre criteri, sintetizzati nella tabella di figura 3, il cui scopo è quello di: individuare la massima estensione dei dati non "*Clear*" ovvero "*Bad data*" (Criterio 1), la persistenza di situazioni non "*Clear*" per almeno due decenni consecutive (Criterio 2) e la quantificazione del rumore residuo interpretato come cambi di segno della derivata del profilo temporale (Criterio 3). Quest'ultimo criterio si basa sul principio che il comportamento stagionale della vegetazione, così come visto dall'NDVI, segua un andamento continuo e monotono crescente in fase di vegetativa e decrescente in senescenza. Balzi improvvisi del segnale sono perciò da interpretarsi come rumore dovuto principalmente alla presenza di nuvole che il composite non ha risolto. Bisogna infatti ricordare che un reale cambiamento (i.e. deforestazione) nello stato della copertura vegetale comporterebbe un effetto persistente nella superficie individuabile nel segnale NDVI per diverse decadi. Al contrario fenomeni di stress (i.e. siccità) determinano un lento decremento del segnale fino alla fase di successiva ripresa di vigore vegetativo.

Data source	Criterio	Regola	Significato
SM	Mappa dell'estensione massima di dati contaminati (identificazione della decade con più <i>bad data</i>)	Valore del pixel > 5	Indicatore delle aree per cui non si riesce a condurre analisi statistica dei dati
	Mappa media della presenza di dati consecutivi contaminati (> due decenni)	Valore del pixel > 0.6	Indicatore di aree per cui non è possibile applicare tecniche di filtraggio temporale per la correzione
NDVI	Mappa dei cambi di segno della derivate prima: totale dei cambi di segno per	Valore del pixel > 120	Indicatore di rumore persistente nei dati non indicato dalle informazioni dello SM

Figura 3 – Tabella dei criteri adottati per la definizione di aree con cattivo segnale NDVI

La mappa che descrive le aree in cui il segnale NDVI non ha una qualità sufficiente per effettuare un monitoraggio decennale è stata ricavata dalla combinazione dei tre criteri come schematizzato in figura 4. Per tale mappa si è utilizzato un OR logico, per ogni pixel identificato si è proceduto a codificare quali criteri di partenza soddisfasse

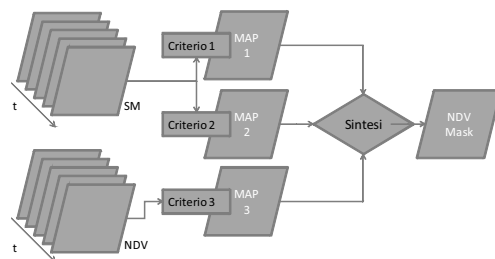


Figura 4 – Schema dei criteri adottati e della loro combinazione per generare una maschera finale di validità dell' NDVd10 (NDV Mask).

Risultati

La figura 5 mostra i risultati dell'analisi statistica dei valori di SM per i dieci anni di dati VGT ($n=360$; 36 decadi x 10 anni). Per ogni decade è stata generata una mappa dei valori cumulati presenti nell'SM relativi ai *Bad data*. Ogni pixel presenterà perciò valori tra 0 e 10 che corrispondono rispettivamente a nessun *Bad data* per quella decade oppure a tutti *Bad data* nei 10 anni. La mappa finale del criterio 1 è stata prodotta sogliando l'immagine per la decade 23, identificata come la più contaminata (fig 5b), per valori maggiori di 5 che corrisponde alla condizione “almeno il 50% dei dati sono contaminati da presenza di nuvole (più di 5 anni su 10)”.

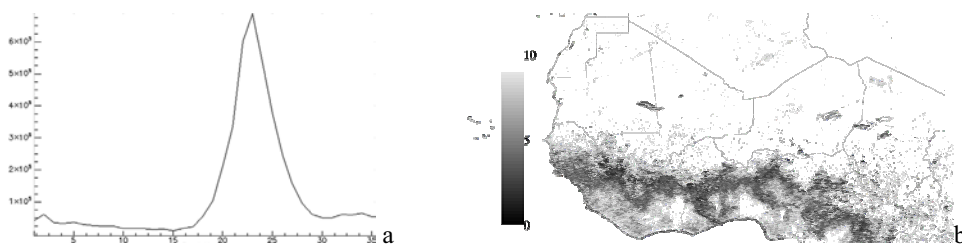


Figura 5 – Valore cumulato dei “Bad data” per le 36 decadi (a). Immagine della decade 23 dove si presenta la maggior estensione di “Bad data”.

Con in criterio 2 vengono individuati quanti *Bad data* si susseguono in ogni anno. Dei dieci anni analizzati è stata poi calcolata la media per ogni pixel. La mappa finale è stata realizzata sogliando le medie per un valore > 0.6 . A tale valore corrispondono situazioni dove in almeno 6 anni su 10 si sono presentati due *Bad value* consecutivi (fig 6a). Infine l'analisi delle derivate prime, criterio 3, serve a considerare anche situazioni dove i *flag* di SM considerano il segnale come *Clear*. L'analisi dei dati mostra invece come vi sia rumore residuo anche in questi pixel. La figura 6b mostra come il numero di cambi di segno nelle derivate dei profili NDV segua un gradiente latitudinale decrescente ovvero il rumore aumenta a latitudini minori prossime ai tropici.

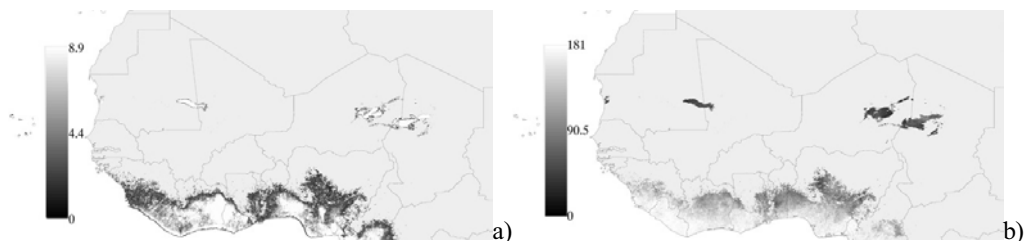


Figura 6 – Mappa, valori medi, di bad value consecutivi (a). Mappa, valori cumulati, dei campi di segno dei profili NDV.

La figura 7 mostra infine il risultato finale prodotto dall'unione dei tre criteri indicando per ogni area quale regola è stata soddisfatta.

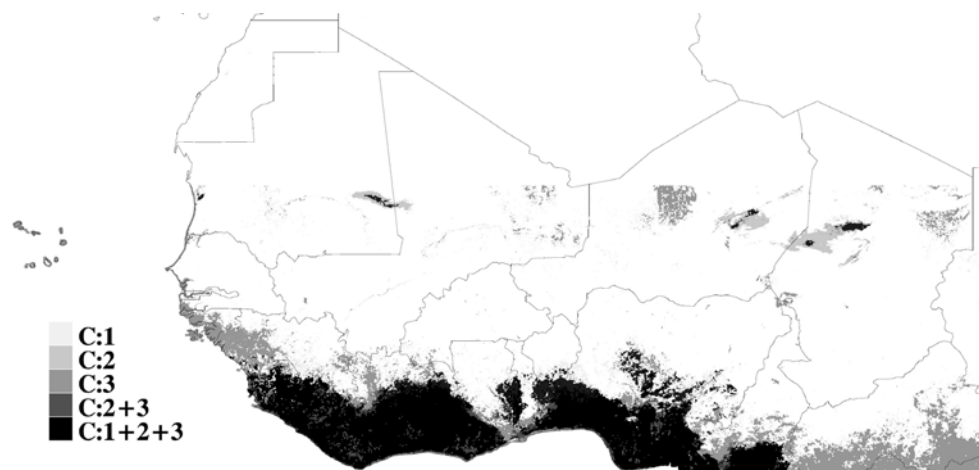


Figura 7 – Maschera finale relative alle aree dove il segnale NDVI è compromesso. I livelli di grigio indicano i diversi criteri come descritto in legenda. I casi C:1+3 e 1+2 non sono rappresentati perchè inferiori al 5% dei pixel.

Conclusioni

L'analisi condotta mostra come con i dati NDVI prodotti da sintesi decadal di immagini SPOT-VGT le regioni tropicali del Golfo di Guinea risultino difficilmente analizzabili. Tali aree mostrano infatti una persistente copertura nuvolosa che non consente di ottenere dati puri di NDVI anche in sintesi decadal. Il prodotto dell'analisi effettuata verrà utilizzato per indicare in quali aree si debba escludere la produzione di indicatori ambientali basati su NDVI. Inoltre i risultati hanno sottolineato come per queste zone solo una frequenza di osservazione maggiore potrebbe garantire di derivare informazioni sullo stato della copertura vegetale. In questo contesto l'osservatorio NARMA del progetto GEOLAND2 intende utilizzare dati del sensore SEVIRI a bordo di Meteosat Second Generation per la generazione di dati NDVI. Tale sensore consente infatti di ottenere immagini nelle bande del visibile e vicino infrarosso ogni 15 minuti con un pixel di risoluzione alle basse latitudini di circa 3 km. Queste alte frequenze temporali di acquisizione rappresentano la condizione migliore per individuare nel corso della giornata osservazioni in assenza di copertura nuvolosa essenziali per poter analizzare lo stato degli ecosistemi con tecniche di telerilevamento ottico.

Bibliografia

- Martini M., Soumare P.B., Ndione J.A. and Touré A. (2005), "Crops and rangeland monitoring in Senegal using SPOT 4/5 VEGETATION". *Proceedings of the Second International VEGETATION User Conference*, 239-244, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities ISBN 92-894-9004-7
- Liu W.T., and Kogan F.N., (1996), "Monitoring regional drought using the Vegetation Condition Index", *International Journal of Remote Sensing*, 17 (14), 2761 – 2782.
- Sannier C., Taylor J., Du Plessis W., Campbell K. (1998), "Real-time vegetation monitoring with NOAA-AVHRR in Southern Africa for wildlife management and food security assessment", *International Journal of Remote Sensing* 19 (4), pp. 621-639.