

Uso di dati satellitari per il monitoraggio della siccità in Niger e Chad

Francesca Perez, Franca Disabato, Matteo De Stefano, Rossella Vigna

DITAG – Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell’Ambiente e delle Geotecnologie, Politecnico di Torino
C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino
(francesca.perez, franca.disabato, matteo.destefano, rossella.vigna)@polito.it

Riassunto

In questo ultimo anno le regioni africane del Sahel occidentale, e in particolare gli stati Niger e Chad, stanno affrontando una rilevante crisi alimentare, aggravata dal persistere di prolungate condizioni di siccità meteorologica. In particolare, a seguito delle deficitarie precipitazioni che hanno interessato queste aree negli ultimi due anni, si sono infatti verificati forti disavanzi nella produzione agricola e pastorale. In quest’occasione, l’associazione no-profit ITHACA (*Information Technologies for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action*) ha elaborato strumenti specifici, basati su dati satellitari, che hanno permesso l’analisi della distribuzione delle piogge e di opportuni parametri correlati alla crescita delle colture negli ultimi anni, al fine di identificare le condizioni ambientali che maggiormente hanno portato all’attuale crisi. Alcuni prodotti cartografici realizzati in questa occasione hanno inoltre supportato le attività del *World Food Programme (WFP)*, l’agenzia delle Nazioni Unite che si occupa della distribuzione degli aiuti alimentari.

Abstract

During the last year the African regions of western Sahel, mostly Niger and Chad, are facing a relevant food crisis, worsened by a long lasting meteorological drought. In particular, due to lesser than normal precipitation during the last 2 years, the area experienced strong deficits in agricultural and pastoral production. The no-profit association ITHACA (Information Technologies for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action) prepared specific tools, based on satellite data, which allowed the analysis of rainfall distribution and suitable parameters related to crop growth, in order to identify the environmental conditions responsible of the actual crisis. Some cartographical outputs obtained in this way supported the activities of the World Food Programme (WFP), the UN agency responsible for food aid distribution in emergency situations.

Introduzione

La siccità è una condizione naturale temporanea di consistente riduzione delle precipitazioni e delle disponibilità idriche rispetto ai valori normali per un periodo di tempo significativo e su un’ampia regione, che comporta conseguenze economiche e sociali tanto più gravi quanto maggiore è la vulnerabilità delle aree colpite relativamente ai sistemi di approvvigionamento idrico, ai sistemi agricoli e alle caratteristiche socio-economiche della società (AA.VV.). Periodi prolungati di siccità possono condurre a rilevanti conseguenze ambientali, economiche e sociali; nei paesi in via di sviluppo, e in particolare laddove sia presente un’agricoltura di sussistenza, eventi siccitosi possono essere la causa di gravi carestie, morte del bestiame, spostamento della popolazione a causa della mancanza di risorse alimentari e, infine, desertificazione.

Secondo quanto riportato dal *World Food Programme (WFP)*, la maggiore agenzia operativa delle Nazioni Unite che si occupa della rapida distribuzione di beni di sopravvivenza in caso di emergenze, attualmente si sta assistendo a un aumento dei disastri naturali, come le inondazioni, le

tempeste tropicali e i lunghi periodi di siccità, con terribili conseguenze per la sicurezza alimentare nei paesi poveri e in via di sviluppo (<http://www.wfp.org/>). Pertanto, in questo contesto, si configura necessaria la definizione di metodologie e strumenti capaci di supportare un'adeguata politica di pianificazione e gestione degli eventi siccitosi, basata sull'attuazione di interventi di preparazione nonché di misure orientate a mitigarne gli impatti. Tali metodologie e strumenti devono permettere principalmente l'individuazione tempestiva degli eventi, il loro monitoraggio e caratterizzazione, e risultano necessari per la definizione di opportuni sistemi di *Early Warning*. Tuttavia, la loro definizione e implementazione è fortemente condizionata dalla disponibilità di dati di base ambientali, e principalmente meteorologici. Sempre più spesso, così, i sistemi sviluppati prevedono l'utilizzo prevalente di dati geografici acquisiti da satellite, e questo specialmente accade per il monitoraggio di aree appartenenti a paesi poveri e in via di sviluppo. Questo per diverse ragioni, tra cui:

- presenza di reti di stazioni a terra inadeguate in termini di densità di stazioni e di qualità dei dati ottenibili (dati mancanti, disponibilità di serie di osservazioni troppo limitate nel tempo, ecc.) e di possibili problematiche e ritardi nel trasferimento dei dati stessi, per esempio tra agenzie governative e istituti di ricerca;
- necessità di realizzare sistemi che permettano il monitoraggio e l'integrazione di molteplici parametri, legati ad esempio a clima, vegetazione, suolo e/o di natura socio-economica.

Il ricorso a dati satellitari consente infatti di reperire facilmente e rapidamente (in certi casi anche poche ore dopo la loro acquisizione) una molteplice varietà di dati grezzi e prodotti tematici derivati di varia natura, spesso gratuitamente, permettendo così di studiare e tenere in considerazione i diversi aspetti connessi al fenomeno siccità. Alcune missioni satellitari consentono inoltre di disporre di dati a copertura globale della superficie terrestre con frequenza giornaliera.

Nell'ambito della collaborazione con il *WFP*, e a supporto delle attività dell'agenzia, l'associazione ITHACA si occupa, tra gli altri, di un progetto finalizzato alla realizzazione di strumenti e procedure, basati interamente su dati satellitari, per l'individuazione tempestiva degli eventi siccitosi a scala globale, il loro monitoraggio e caratterizzazione. Al momento, alcune procedure preliminari realizzate nel contesto di questo progetto sono in fase di validazione.

Nel presente contributo sono descritte le caratteristiche principali di tali procedure e alcuni dei prodotti cartografici forniti agli operatori del *WFP* in occasione della crisi alimentare che ha colpito in questo anno la regione del Sahel.

Uso di dati satellitari per la caratterizzazione e il monitoraggio della siccità

La caratterizzazione della siccità, con particolare attenzione alla identificazione dell'intensità, durata e estensione geografica degli eventi, è piuttosto complessa e per questa ragione basata spesso sul monitoraggio di numerose variabili ambientali connesse al fenomeno in studio e sul ricorso a un insieme di diversi indici di siccità. Non senza criticità: infatti, l'attuale ricorso in molte esperienze, a un numero elevato di indici che fanno riferimento ognuno a una particolare definizione di siccità, testimonia la difficoltà di pervenire a una definizione completa e univoca del fenomeno stesso.

Il principale risultato atteso delle attività che ITHACA sta svolgendo in questo contesto è la definizione di procedure automatiche che, attraverso il monitoraggio continuo di opportune variabili ambientali e indici su scala globale, permettano la segnalazione tempestiva della possibile insorgenza di un fenomeno siccitoso e la sua caratterizzazione, fornendo le informazioni necessarie a supportare le attività operative di preparazione e soccorso svolte dal *WFP*.

In particolare, la scelta di porre particolare attenzione al settore agricolo e agli impatti che la carenza idrica genera su di esso, ha guidato la definizione delle variabili ambientali fondamentali, il cui monitoraggio globale e continuo dovrebbe consentire di evidenziare tempestivamente situazioni di stress idrico della vegetazione e di dare un giudizio sulla produttività agricola di una particolare stagione: stato della vegetazione, evidenziato dall'indice di vegetazione *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*, precipitazione e umidità del suolo.

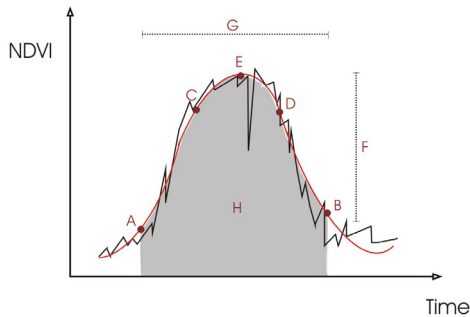


Figura 1 – Grafico dell'NDVI nel tempo con l'identificazione dei principali parametri fenologici estraibili.

Dalle serie temporali di dati di *NDVI* derivati da satellite, è possibile ricavare il valore di alcuni parametri fenologici (Figura 1) in corrispondenza delle stagioni vegetative considerate, quali la Data di Inizio Stagione (A), la Lunghezza della Stagione (G), l'Ampiezza Stagionale (F) e l'Integrale Stagionale (H).

Ai fini delle analisi, si ipotizza che i valori di tali parametri fenologici, per una data stagione vegetativa, siano legati alla produttività della vegetazione nella stessa stagione, e quindi al raccolto per le aree agricole o alla risorsa disponibile per le aree pastorali. In questo modo, il confronto fra i valori che tali parametri assumono per tale stagione e quelli medi, minimi e massimi storici, estratti considerando l'intera serie

temporale di *NDVI* disponibile, consente di esprimere un giudizio sulla produttività attesa per la stagione in esame. In particolare, vengono proposti due indici che permettono di quantificare lo scostamento tra le condizioni della stagione in esame e quelle storiche:

- il *Condition Index (CI)*, che fornisce una misura della vicinanza del valore del parametro considerato ai valori minimo (in corrispondenza del quale $CI=0$) e massimo storici ($CI=1$). Si ha:

$$CI = \frac{x - \min_x}{\max_x - \min_x} * 100 \quad [1]$$

dove:

x = valore del parametro fenologico per la stagione vegetativa in esame;

\min_x, \max_x = valori minimo e massimo storici del parametro considerato estratti dall'intera serie temporale di *NDVI* disponibile.

- *Scarto Percentuale (SP)* rispetto al valore medio:

$$SP = \frac{x - \mu_x}{\mu_x} * 100 \quad [2]$$

dove:

μ_x = valore medio del parametro considerato calcolato impiegando l'intera serie temporale di *NDVI* disponibile.

La mappatura della distribuzione dei valori degli indici di scostamento aiuta a identificare quelle aree che possono ritenersi soggette a possibili riduzioni della produttività della vegetazione, oltre che a quantificare l'entità o la gravità di tale riduzione. In accordo con l'ipotesi formulata, questa informazione di base, completata da dati accessori quali la distribuzione delle aree coltivate e il tipo di coltura prevalente in tali aree, consente di identificare condizioni di criticità nella produttività agricola per la stagione in esame e di prevedere, così, eventuali crisi alimentari, e supportando, inoltre, la caratterizzazione di siccità già in atto.

Per il trattamento delle serie temporali di *NDVI* e l'estrazione dei parametri fenologici considerati è stato impiegato il software *TIMESAT*, distribuito gratuitamente alla comunità scientifica (Jönsson, Eklundh, 2002; Jönsson, Eklundh, 2004); mentre le procedure di estrazione dei valori storici e degli indici di scostamento sono state sviluppate dagli autori in IDL.

Serie temporali di precipitazione mensile derivate a partire da dati satellitari consentono invece di estrarre dati di inquadramento relativi alla distribuzione dei regimi pluviometrici nelle aree oggetto di studio e di quantificare gli scostamenti, secondo la [2], tra i valori osservati e quelli storici per le

seguenti grandezze: precipitazione cumulata mensile, numero mensile di giorni piovosi e densità mensile di pioggia (rapporto tra la precipitazione e il numero di giorni piovosi). In questo caso, la mappatura dei valori degli indici di scostamento che si ottengono, effettuata mensilmente e corredata da informazioni accessorie quali la distribuzione delle aree coltivate e il fabbisogno idrico delle specifiche colture, consente di evidenziare incipienti condizioni di stress della vegetazione e di identificare quindi, tempestivamente, possibili crisi nel settore agricolo.

Le procedure di trattamento dei dati di precipitazione, di estrazione dei valori storici e degli indici di scostamento, sono state sviluppate dagli autori in IDL.

Il caso studio: siccità in Niger e Chad

Le popolazioni che abitano la regione africana del Sahel si trovano a fronteggiare spesso emergenze alimentari connesse all'approvvigionamento idrico della zona, che negli ultimi decenni fronteggia una condizione di siccità prolungata. In questo ultimo anno, tale zona ha affrontato una siccità particolarmente intensa che ha portato a livelli crescenti di malnutrizione. Tale crisi è stata causata dalle scarse piogge che hanno interessato la regione nel 2009, provocando effetti tangibili sulla produzione agricola e pastorale. Tra le aree più colpite ci sono gli stati del Niger in cui, secondo quanto riportato nell'Aprile 2010 da fonti ufficiali, più della metà della popolazione è risultata esposta a rischio di insicurezza alimentare, e il Chad, con più del 20% della popolazione colpita.

Le cartografie prodotte

Attraverso il ricorso agli strumenti già descritti, ITHACA ha cercato di formulare un giudizio circa la produttività dell'ultima stagione agricola precedente l'emergenza in atto che, per le zone in esame, interessava i mesi tra giugno e ottobre 2009. In questo modo si è tentato di verificare se gli output forniti dalle procedure sviluppate fossero o meno in grado di spiegare la crisi alimentare in atto.

L'utilizzo dei dati di precipitazione provenienti dalla missione TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), e nello specifico il prodotto 3B42 (Huffman et al., 2007) già utilizzato dal centro ITHACA, avente risoluzione spaziale di 0.25°, risoluzione temporale di 3 ore e disponibile dal gennaio 1998, ha permesso di ottenere un inquadramento sui regimi pluviometrici delle aree in studio e di calcolare le medie mensili di precipitazione e quella stagionale (giugno-settembre) per un intervallo temporale di 12 anni (1998 - 2009).

In Figura 2 è riportata la mappa di inquadramento prodotta, in cui si è scelto di rappresentare con maggiore evidenza le medie mensili relativamente ai mesi più piovosi: giugno, luglio, agosto e settembre, che hanno presentato valori medi di precipitazione varianti fra 0 e 400 mm. Come atteso, spazialmente le precipitazioni sono risultate trascurabili nelle regioni settentrionali, mentre nelle regioni meridionali hanno raggiunto i valori più elevati. Il calcolo degli indici di scostamento dei valori di precipitazione dai valori medi storici (1998 - 2009) è stato effettuato per ciascun mese della stagione piovosa e per l'intera stagione. Due esempi delle mappe prodotte, che presentano la distribuzione spaziale degli scostamenti ottenuti, sono visibili in Figura 3 (a,b).

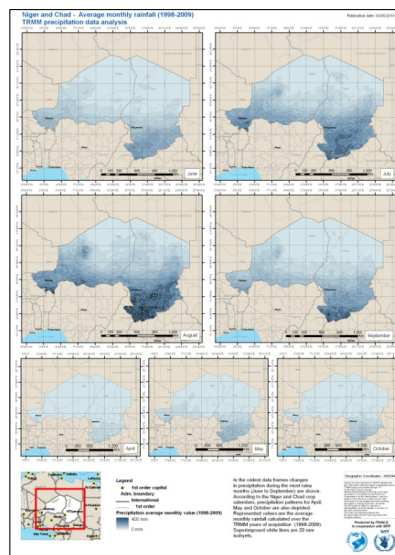


Figura 2 – Mappa indicante le medie mensili calcolate nell'intervallo temporale 1998 - 2009 per i mesi di giugno, luglio, agosto, settembre e in piccolo aprile, maggio e ottobre.

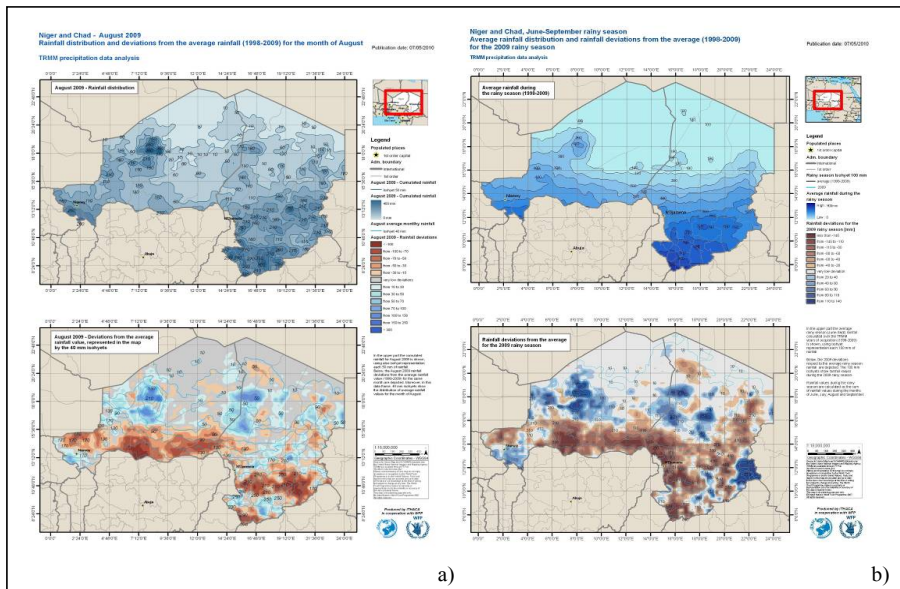


Figura 3 – a) Mappa indicante la precipitazione media mensile calcolata su 12 anni (1998 - 2009) e le deviazioni dal parametro pioggia medio mensile per l'agosto 2009. b) Mappa della precipitazione media (1998 – 2009) stagionale giugno-settembre e deviazioni per la stagione 2009.

Per l'analisi dei parametri fenologici sono state impiegate serie temporali di *NDVI* derivate dal sensore *MODIS*. In particolare è stato impiegato il prodotto quindicinale *MOD13_C1*, che ha copertura globale (CMG) e bassa risoluzione spaziale (5 km circa). La serie impiegata, ottenuta da questi dati, si estende da febbraio 2000 a marzo 2010. Il confronto tra i valori dei parametri fenologici per la stagione vegetativa 2009 e quelli minimi, massimi e medi estratti dall'intera serie temporale di *NDVI* disponibile è stato effettuato secondo le modalità descritte. Un esempio di mappatura della distribuzione delle deviazioni ottenute, relativa al parametro Integrale Stagionale, è visibile in Figura 4. Inoltre, per tentare di fornire una più efficace visualizzazione delle aree maggiormente colpite dall'evento, è stata effettuata un'aggregazione dei risultati delle analisi, condotte sul dato originale a 5km, a livello dei confini amministrativi di secondo livello. Un esempio di risultato ottenuto con questo tipo di elaborazione per il parametro Data di Inizio Stagione è visibile in Figura 5, dove sono messi a confronto l'output ottenuto con la risoluzione originale (a) e l'output aggregato sui livelli amministrativi scelti (b). Tutte le mappe prodotte per questa emergenza sono accessibili nell'archivio delle mappe presente sul sito web di ITHACA (<http://www.ithaca.polito.it/maps.php?country=Niger>).

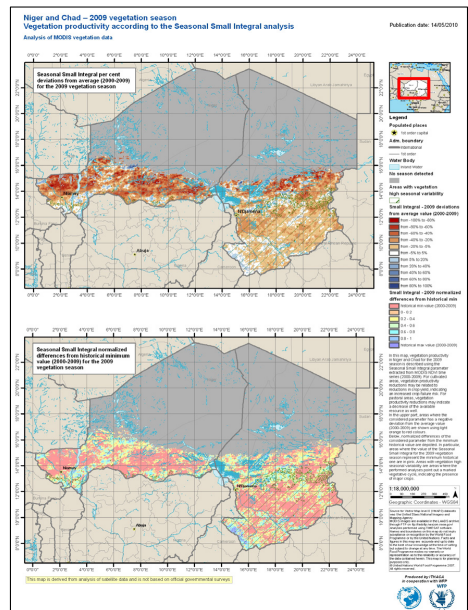


Figura 4 - Mappa indicante le deviazioni del parametro fenologico Integrare Stagionale relativo alla stagione vegetativa giugno-ottobre 2009. In alto è riportata la distribuzione dei valori di SP, mentre in basso quella dei valori del CI (differenze dal minimo storico normalizzate).

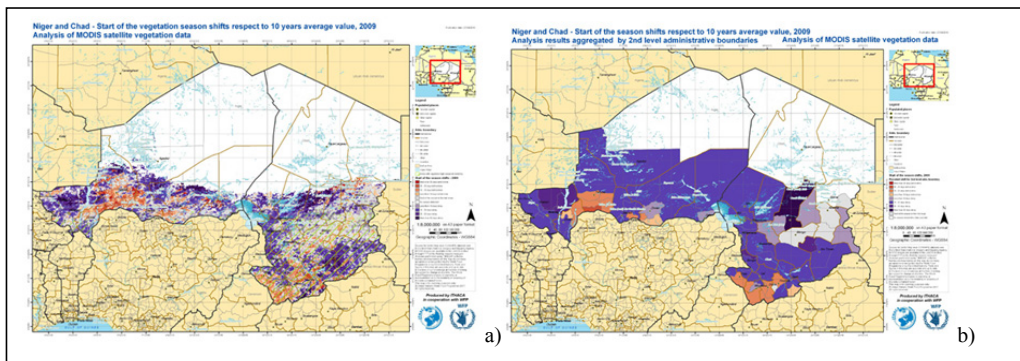


Figura 5 – Mappe indicanti le deviazioni del parametro fenologico Data di Inizio Stagione durante la stagione giugno-ottobre 2009: output a risoluzione originale, 5 km (a) e aggregato sui confini amministrativi di secondo livello (b).

Conclusioni

In occasione della crisi alimentare che ha colpito gli stati Niger e Chad, è stato chiesto a ITHACA di fornire alcuni prodotti che potessero fornire supporto agli operatori del *WFP* durante le attività di intervento. Nonostante i prodotti cartografici forniti fossero ancora preliminari e frutto di procedure al momento ancora in corso di progettazione e sviluppo, questa esperienza ha sicuramente contribuito alla validazione dei risultati ottenuti durante lo studio e alla individuazione di alcune criticità da affrontare all'interno del progetto.

Le metodologie e gli strumenti del tipo proposto, realizzabili al fine di supportare la pianificazione delle attività di preparazione e mitigazione degli impatti delle siccità, interessano principalmente la caratterizzazione e il monitoraggio degli eventi siccitosi, con particolare attenzione alla identificazione dell'intensità, durata e estensione geografica dell'evento. Tali metodologie e strumenti, stante la disponibilità dei dati di base satellitari, possono facilmente essere sviluppati a livello globale. Tuttavia risulta complementare e necessario tenere anche in considerazione le specificità del territorio che ci si trova a esaminare, attraverso appositi strumenti atti a valutare qualitativamente e quantitativamente il rischio di siccità nei sistemi o nelle regioni analizzate, oltre che la loro vulnerabilità a tale evento. Tali analisi, però, non possono che essere basate su dati per loro natura locali e difficilmente reperibili a livello globale.

In questo senso, i risultati ottenuti durante le analisi effettuate si configurano come prodotti intermedi, che divengono efficaci all'interno di un sistema di identificazione e monitoraggio di eventi siccitosi che preveda di relazionarli a dati accessori locali quali, principalmente, la distribuzione delle diverse colture e il loro fabbisogno idrico. I risultati ottenuti possono rappresentare però, una volta validati tramite feedback forniti dagli operatori sul campo, una potenziale metodologia per la previsione di situazioni future.

Riferimenti bibliografici

- AA.VV., "Linee guida per la gestione delle siccità", (risorsa web, MEDROPLAN website: <http://www.iamz.ciheam.org/medroplan/guidelines/>)
- Huffman G. J., Adler R. F., Bolvin D. T., Gu G., Nelkin E. J., Bowman K. P., Hong Y., Stocker E. F., Wolff D. B. (2007), "The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis: Quasi-Global, Multi-Year, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scale", *J Hydrometeor* 8(1):38-55
- Jönsson P., Eklundh L., (2002), "Seasonality extraction by function-fitting to time series of satellite sensor data", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 40 (2002), pp. 1824–1832
- Jönsson P., Eklundh L., (2004), "TIMESAT - A program for analyzing time-series of satellite sensor data", *Computers and Geoscience* 30 (2004), pp. 833–84