

# Analisi online di dati satellitari per il calcolo del Normalized Vegetation Index

Grazia Caradonna<sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> Politecnico di Bari - DICATECh, Via Orabona 4 C.A.P 70125 Bari (BA) [grazia.caradonna@poliba.it](mailto:grazia.caradonna@poliba.it)

## Riassunto

Il Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) è uno degli indicatori più utilizzati ed efficaci per il monitoraggio della salute della vegetazione e dunque utile a valutare l'avanzamento di fenomeni legati allo stress idrico nonché ai cambiamenti dinamici degli ecosistemi. Numerosi sono i dataset disponibili che forniscono un numero cospicuo di serie storiche multitemporali a diversa risoluzione spaziale e temporale per il calcolo degli indici di vegetazione. Inoltre, negli ultimi anni le richieste di informazioni geospaziali e di geodati accessibili per supportare la gestione e il monitoraggio del territorio utilizzando il Web 2.0 sono in aumento in tutto il mondo. Pertanto, lo sviluppo di tecnologie efficienti per il trattamento speditivo e online di tali dati è di fondamentale importanza.

In questa direzione, in questo lavoro è presentato un WebGIS per l'analisi on-line dei dati telerilevati. In particolare, il sistema è costituito da un sistema di gestione RDBS per l'archiviazione dei dati e dal WCPS (Web Coverage Processing Service) standard per eseguire l'interrogazione degli stessi. L'architettura è implementata utilizzando FOS (Free and Open Source) software: il server mappe Geoserver (lato client), le librerie java script Openlayers and GeoExt (lato server) e l'applicazione PostgreSQL (come RDBMS).

## Abstract

The normalized difference vegetation index (NDVI) is one of the most used and effective indicators for monitoring the health of vegetation and therefore useful to evaluate the progress of phenomena related to water stress and the dynamic changes of ecosystems.

A lots of multi-temporal datasets at different spatial and temporal resolution, are available for the calculation of vegetation index.

Moreover, in recent years the demands of geospatial information and geo-data accessible to support the management and monitoring of the territory using the Web 2.0 are on the rise worldwide.

Therefore, the development of efficient technologies for the expeditious processing of such data and online is crucial.

In this direction, in this work it is presented a WebGIS for on-line analysis of remote sensing data. In particular, the system consists of a management system RDBS for data storage and from WCPS (Web Coverage Processing Service) standard to run the query of the same. The architecture is implemented using FOS (Free and Open Source) software: Geoserver map server (client-side), the libraries java script Openlayers and GeoExt (server side) and the application PostgreSQL (like RDBMS).

## 1. Introduzione

La richiesta e la disponibilità di informazioni geospaziali e geodati per supportare lo studio dei cambiamenti dinamici degli ecosistemi è in continuo aumento a livello internazionale (De Filippis, Rocchi et al. 2010).

Le analisi sui cambiamenti climatici e sulla desertificazione vengono ormai ampiamente supportate sia mediante i GIS sia mediante l'uso immagini telerilevate a diversa risoluzione e, in particolar modo, attraverso indici di vegetazione e analisi di uso del suolo (Liu and Wang 2007, Shalaby and Tateishi 2007, Zhang, Chen et al. 2008, Tarantino, Novelli et al. 2015).

L'indice NDVI (Normalized Vegetation Index) (Tucker 1979) è uno degli indicatori più utilizzati ed efficaci per il monitoraggio della salute della vegetazione (Li, Shi et al. 2015) e dunque utile per valutare l'avanzamento dei fenomeni legati allo stress.

La disponibilità di numerosi dataset che forniscono un numero cospicuo di serie storiche multitemporali a diversa risoluzione spaziale (Wulder, Masek et al. 2012), così come la politica Open Data adottata dagli Stati Uniti prima (Group and Organization 2005) e dall'Unione Europea dopo (Directive 2007, Janssen and Hugelier 2013), consente oggi facile accesso ad un gran numero di dati multitemporali a diversa risoluzione spaziale e temporale per lo studio di problemi di natura ambientale (Caradonna et al. 2016). Lo sviluppo progressivo della GeoICT (Geospatial Information and Communication Technology) e nonché la grande disponibilità di dataset disponibili, offrono oggi grandi possibilità per lo sviluppo di soluzioni ottimizzate, con conseguente crescita esponenziale di richieste di implementazione di servizi di web mapping, così come previsto da Jabeur e Moulin (2005) (Jabeur and Moulin 2005). Nonostante siano numerosi gli studi prodotti negli ultimi anni, la maggior parte delle piattaforme web implementate consentono esclusivamente di visualizzare mappe statiche.

In questo lavoro è presentato un sistema web-based progettato per l'elaborazione dei dati telerilevati per il calcolo, in tempo reale, dell'NDVI ma adattabile per il calcolo di qualunque indice di vegetazione, in quanto l'implementazione di servizi Web in modo orientato si traduce in una maggiore flessibilità.

Il sistema, dotato di un'interfaccia user-friendly, è costituito da un sistema di gestione RDBS per l'archiviazione dei dati e dal WCPS (Web Coverage Processing Service) standard per eseguire l'interrogazione degli stessi. L'architettura è realizzata mediante FOS (Free and Open Source) software (Adams and Abou-Assaleh 2009): il server mappe Geoserver (lato client), le librerie java script Openlayers and GeoExt (lato server) e l'applicazione PostgreSQL con estensione PostGIS (come RDBMS).

## 2. Dati e metodologia

### 2.1. Dataset

Il dataset LANDSAT è costituito da 8 scene acquisite dal satellite LANDSAT 5 tra 1986 e il 2011 prive di copertura nuvolosa (Tabella 1) sull'area di studio della regione Puglia.

<i>Scene id</i>	<i>Data</i>
<i>LT51870321986234XXX01</i>	<i>22/08/1986</i>
<i>LT51870321987109AAA02</i>	<i>19/04/1987</i>
<i>LT51870322000241FUI00</i>	<i>28/08/2000</i>
<i>LT51870322003265MTI01</i>	<i>22/09/2003</i>
<i>LT51870322004236MTI00</i>	<i>23/08/2004</i>
<i>LT51870322009201MOR00</i>	<i>20/07/2009</i>
<i>LT51870322010236MOR00</i>	<i>24/08/2010</i>
<i>LT51870322011191MOR00</i>	<i>10/07/2011</i>

*Tabella 1 Dataset*

I dati LANDSAT sono stati scaricati dal sito dell'USGS (<http://glovis.usgs.gov/>) e calibrati radiometricamente in precedenti lavori di ricerca (Novelli, Tarantino et al. 2016; (Caradonna, Novelli et al. 2016)). Le scene LANDSAT 5-TM sono fornite come dati di livello 1. I dati L1T sono dati che includono la correzione radiometrica e correzione geometrica utilizzando punti a terra e il modello digitale del terreno per correggere l'errore di parallasse. I dati sono forniti in GeoTiff con la proiezione UTM (Universal Transverse Mercator) e il datum WGS84.

## 2.2. Il WebGIS implementato

L'architettura client –server proposta (Figura 1) è stata implementata utilizzando strumenti open source. Il framework sviluppato è costituito da un WebGIS viewer, da un geodatabase e da un catalogue. La suite di software adottata in questo lavoro è costituita da:

- QGIS 2.13 come software GIS;
- Apache 2.4 come server;
- Geoserver 2.8.3 come map server;
- OpenLayers 3 e GeoExt lato client.

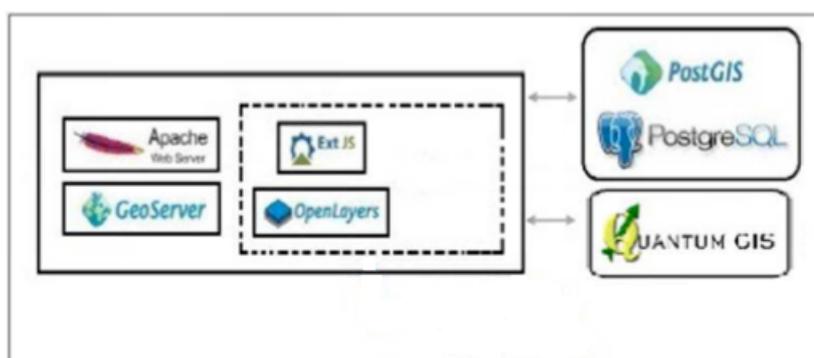


Figura 1. Architettura WebGIS

L'attuale hardware su cui il WebGIS è stato testato è una workstation con Windows 10 e 32 GB di RAM. L'intero dataset è memorizzato sul DBMS PostgreSQL con estensione per la gestione delle informazioni geografiche POSTGIS e interfaccia standard OGC WCPS per l'interrogazione delle immagini satellitari. La scelta è ricaduta su PostgreSQL per la sua robustezza e affidabilità nella gestione dei dati geospaziali. Il funzionamento del WebGIS è mostrato in Figura 2.

Il geodatabase implementato è composto da due sottoinsiemi e in esso sono memorizzati dati geografici, raster e vettoriali, e alfanumerici, provenienti da diverse fonti. L'intera struttura del GeoDB è stata concepita per supportare le query spaziali e consentire analisi online. Il lato client dell'applicazione è costituito dalle librerie javascript OpenLayers e GeoEXT, utilizzati in modo da visualizzare le query WCPS con layers.

Il funzionamento è molto semplice; l'utente individua sulla mappa l'area di interesse (AOI) attraverso una selezione e un trascinamento, mediante un widget implementato in GeoEXT per l'individuazione dell'area di interesse. Le coordinate del rettangolo individuato (metadati) vengono elaborate in modo da eseguire una query WCPS e i risultati inviati al WebGIS.

Le coordinate dei quattro vertici che identificano il rettangolo selezionato dall'utente, vengono nuovamente utilizzate quando l'immagine risultato della query WCPS, viene visualizzata sui layers di base. Elaborati tutti i metadati, la query WCPS implementata elabora tutto il set di dati Landsat 5 immagazzinati sul database e mostra i come mappe.

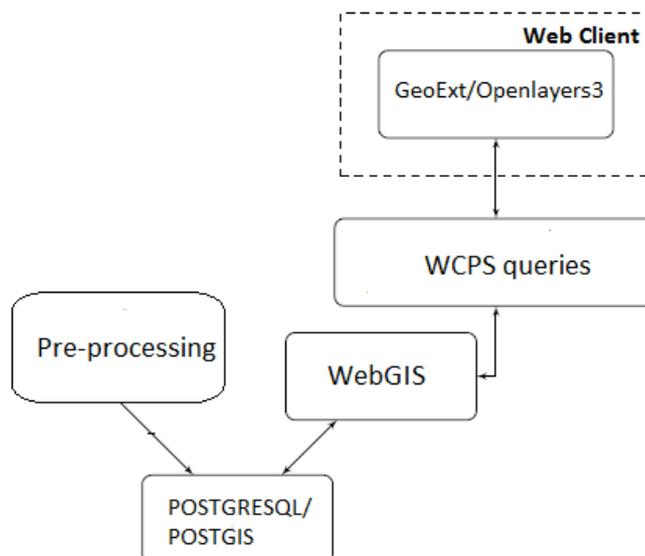


Figura 2. Funzionamento sistema WebGIS

### 2.2.1. Le query WCPS e il calcolo del Normalized Difference Vegetation Index

L'Indice Normalizzato di Vegetazione valuta la presenza di attività fotosintetica in quanto mette in relazione lo spettro del rosso, in cui c'è assorbimento da parte della clorofilla, e quello del vicino infrarosso in cui le foglie riflettono la luce per evitare il surriscaldamento. I valori sono necessariamente compresi tra -1 e +1. La presenza di vegetazione assume valori maggiori di 0.2. L'indice NDVI è stato utilizzato a partire dagli anni Settanta del secolo scorso per monitorare le caratteristiche biofisiche della vegetazione delle grandi pianure americane. Successivamente l'indice è divenuto il principale indicatore da satellite della presenza di vegetazione sulla superficie terrestre e dell'evolversi della stessa nel tempo. (Del Barba, Pecci et al. 2006). Esso è definito dalla relazione:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

Le query WCPS non consentono iterazioni logaritmiche nel sistema di calcolo, pertanto è stato necessario individuare un valore soglia Vd all'interno del set di calcoli. Un pannello interattivo permette di regolare il valore di soglia scelto in modo da discernere, con una probabilità molto alta, la presenza o assenza di vegetazione.

La Figura 4 mostra un esempio di query WCPS sulla vegetazione il cui risultato è evidenziato in Figura 5.

```

for c in (L51870_im_path_row) return encode
(trim( (char) (((c.nir - c.red)/(c.nir + c.red)) > vd )
* 255)),
"png")
  
```

Figura 4. WCPS NDVI QUERY

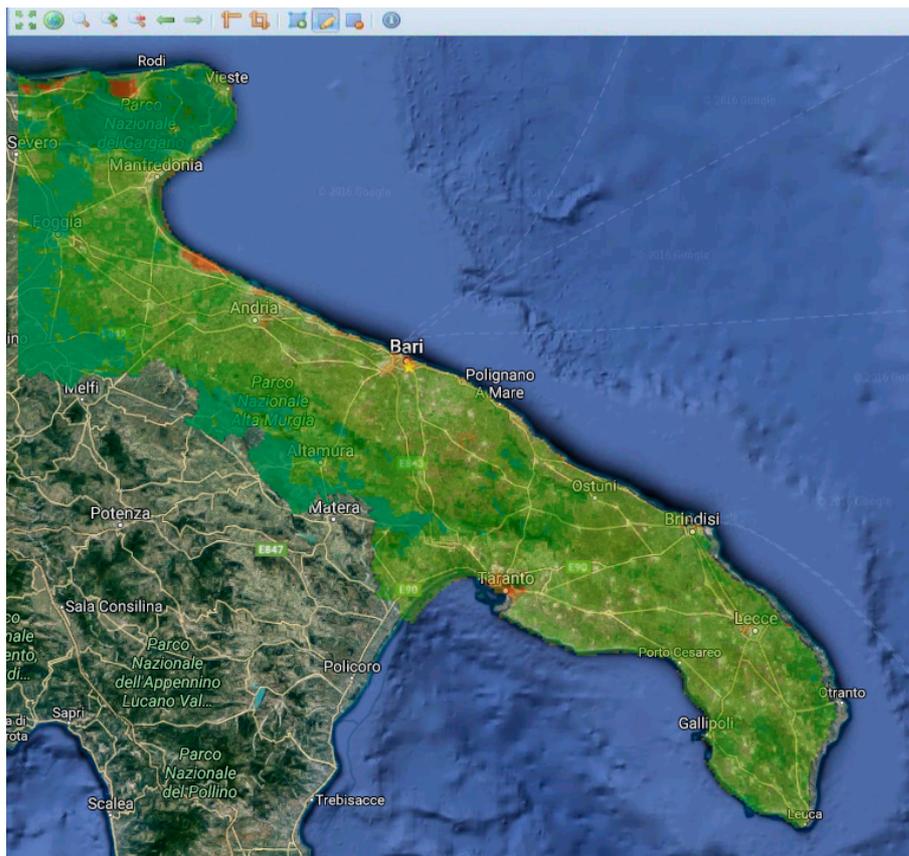


Figura 5. Risultato WCPS QUERY

**Conclusioni** In questo lavoro è stato presentato un primo progetto di WebGIS in grado di gestire e analizzare i dati telerilevati online.

L'obiettivo era quello di testare, a livello embrionale, la possibilità di combinare un WebGIS (utilizzando Geoserver, Openlayers e GeoEXT) e lo standard OGC WCPS per il calcolo dell'NDVI. I risultati raggiunti sono soddisfacenti.

Nel prossimo futuro si prevede l'implementazione di un sistema più evoluto per il calcolo di diversi indici di vegetazione e analisi avanzate per applicazioni agricole.

Inoltre, in aggiunta allo standard WCPS si prevede l'implementazione di altri standard OGC quali ad esempio il WPS, e il WCS in modo da incrementare le funzionalità del sistema per l'analisi di immagini telerilevate attraverso algoritmi scritti nel linguaggio Python,

### Riferimenti bibliografici

Adams, C. and T. Abou-Assaleh (2009). "Creating Your Own Web-Deployed Street Map Using Open Source Software and Free Data." Programme Chairs.

Caradonna, G., et al. (2016). "A WebGIS framework for disseminating processed remotely sensed on land cover transformations." Reports on Geodesy and Geoinformatics 100(1): 27-38.

De Filippis, T., et al. (2010). A WebGis application for Precision Viticulture: from research to operative practices. Proc. WebMGS 2010: 1st International Workshop on Pervasive Web Mapping, Geoprocessing and Services, ISPRS Archives, Citeseer.

Del Barba, O., et al. (2006). Modelli statistici nell'analisi dell'evoluzione dell'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) in Val Pola (Valtellina) prima e dopo la frana del Monte Coppetto (28 luglio 1987). Proceedings of the "16 Meeting of the Italian Society of Ecology". Viterbo/Civitavecchia (Italy).

Directive, I. (2007). "Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)." Published in the official Journal on the 25th April.

Group, U. N. G. I. W. and W. H. Organization (2005). "Cartography and geographic information science: report of the fifth plenary meeting on United Nations Geographic Information Working Group: WHO, Geneva, Switzerland, 12-14 October 2004."

Jabeur, N. and B. Moulin (2005). "A multiagent-based approach for progressive web map generation. OTM Confederated International Conferences" On the Move to Meaningful Internet Systems", Springer.

Janssen, K. and S. Hugelier (2013). "Open data as the standard for Europe? A critical analysis of the European Commission's proposal to amend the PSI Directive." *European Journal of Law and Technology* 4(3).

Li, Z., et al. (2015). "A tool for NDVI time series extraction from wide-swath remotely sensed images. SPIE Optical Engineering+ Applications, International Society for Optics and Photonics.

Liu, S. and T. Wang (2007). "Aeolian desertification from the mid-1970s to 2005 in Otindag Sandy Land, Northern China." *Environmental Geology* 51(6): 1057-1064.

Novelli, A., et al. (2016). "Improving the ANN Classification Accuracy of Landsat Data Through Spectral Indices and Linear Transformations (PCA and TCT) Aimed at LU/LC Monitoring of a River Basin. International Conference on Computational Science and Its Applications, Springer.

Shalaby, A. and R. Tateishi (2007). "Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt." *Applied Geography* 27(1): 28-41.

Tarantino, E., et al. (2015). "Comparing the MLC and JavaNNS Approaches in Classifying Multi-Temporal LANDSAT Satellite Imagery over an Ephemeral River Area." *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems (IJAEIS)* 6(4): 83-102.

Tucker, C. J. (1979). "Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation." *Remote sensing of environment* 8(2): 127-150.

Wulder, M. A., et al. (2012). "Opening the archive: How free data has enabled the science and monitoring promise of Landsat." *Remote sensing of environment* 122: 2-10.

Zhang, Y., et al. (2008). "Land desertification monitoring and assessment in Yulin of Northwest China using remote sensing and geographic information systems (GIS)." *Environmental monitoring and assessment* 147(1-3): 327-337.