

Strumenti GIS per l'analisi di dati ambientali da satellite

Daniela Carrion (*), Federica Migliaccio (*), Cynthia Zambrano (**)

(*) DIIAR - Politecnico di Milano - Piazza Leonardo da Vinci, 32 - 20133 Milano,
tel. 02 23996507, fax. 02 23996530, federica.migliaccio@polimi.it

(**) DIIAR - Politecnico di Milano - Piazza Leonardo da Vinci, 32 - 20133 Milano, posta@cynthiazambrano.com

Riassunto

Nell'ambito di un progetto relativo allo studio delle emissioni di CO causate dalla combustione di biomassa in tutto il globo terrestre, sono stati sviluppati strumenti GIS per facilitare la gestione e le analisi spazio-temporali relative ai dati. Il progetto è stato svolto in collaborazione con CNR-IREA (Milano) e JRC (Ispra).

Lo studio delle emissioni di CO comporta l'analisi e l'interpretazione di una notevole mole di dati, che comprendono anche dati relativi alla copertura del suolo, quindi è necessario sintetizzare le informazioni, sulla base della distribuzione temporale, spaziale e della copertura del suolo, mediante parametri statistici. Le elaborazioni sono state rese il più possibile automatiche ed efficaci grazie alla realizzazione di un set integrato di strumenti di tipo GIS, sviluppando ad hoc dei *tool* in linguaggio Python 2.5 al fine di permettere all'utente di effettuare le elaborazioni in modo intuitivo ed automatico e di definire i parametri di input e di output mediante una semplice interfaccia.

I *tool* realizzati hanno già permesso ai ricercatori che si occupano di emissioni di CO di trarre alcune conclusioni, in particolare per quanto riguarda i confronti fra i prodotti di emissione in relazione al tipo di copertura del suolo.

Abstract

In the frame of a project concerning the study of CO emissions caused by biomass burning on a global scale, GIS tools have been developed in order to facilitate the management and spatial-temporal analysis of the data. The project has been carried on in co-operation with CNR-IREA (Milano) and the European Joint Research Center (Ispra).

The study of CO emissions involves the analysis and interpretation of a considerable amount of data, including landcover data, therefore information must be synthesized, based on the temporal and spatial distribution of CO data and also of the landcover distribution; this can be done by means of statistical parameters. In order to automate data consultation and processing and to facilitate the comparisons between different emission products, an integrated set of GIS tools has been developed, exploiting also the advantages of the Python 2.5 language and of the Matplotlib library. These tools allow the users to perform calculations in an intuitive and automatic way, and to define input and output parameters by means of a simple interface.

The first results of this work have already enabled the researchers studying CO emissions to draw interesting conclusions, in particular regarding the comparisons between emission products as related to the different types of landcover.

Introduzione: ambito della ricerca e dati utilizzati

Gli incendi sono un fenomeno globale che si manifesta in tutte le stagioni, coinvolge molti tipi di vegetazione e produce grandi quantità di gas e di particelle che giocano un ruolo importante nel cambiamento climatico del pianeta (Seiler e Crutzen, 1980).

Numerosi studi su questo fenomeno si sono susseguiti negli anni, ma attualmente grazie alle tecniche di telerilevamento da satellite è possibile conoscere in forma sistematica e con buona

approssimazione la distribuzione globale geografica e temporale degli incendi. La crescente mole di dati messa a disposizione dalle piattaforme satellitari consente di effettuare analisi sempre più approfondite, tuttavia ciascun Ente di ricerca implementa indipendentemente i propri algoritmi e genera prodotti tra loro non immediatamente confrontabili. Solo di recente, in seguito ad un approccio globale e sistemico alla tematica ambientale, è divenuta prioritaria la necessità di confrontare tra loro i differenti risultati ottenuti, così come è diventato indispensabile valutare a priori le conseguenze derivanti dalla scelta di un particolare prodotto in luogo di un altro.

Come conseguenza delle considerazioni esposte sopra, durante il Workshop *Intermede BBSO: Intercomparison of methods to derive global Burnt Biomass from Satellite Observations*, tenutosi a Tolosa (Francia) alla fine del 2005, i ricercatori di diversi Enti decisero di sottoporsi a un esercizio di confronto di dati relativi ad emissioni di CO per tutto il globo terrestre ottenuti con tecnologia satellitare. Lo scopo era di meglio evidenziare le differenze e le analogie tra i modelli di stima usati. In questo ambito si colloca il lavoro descritto nel presente articolo, che riguarda la realizzazione di strumenti in ambiente GIS che consentano di svolgere in maniera per quanto possibile automatica elaborazioni di tipo statistico su dati ambientali rappresentati da prodotti di emissione di CO, che si presentano sostanzialmente come mappe raster.

I dataset presi in considerazione nel corso del progetto sono cinque: ATSR (Kasischke et al., 2003), VGT-COR (Michel et al., 2005), MODIS (Giglio et al., 2006), ITO-PENNER (Ito e Penner, 2004) e PETRON (Petron et al., 2004). Questi prodotti sono ottenuti a partire da osservazioni provenienti da piattaforme e sensori differenti, e presentano quindi differenze anche significative. Essi sono relativi all'anno 2003 e presentano una risoluzione temporale mensile e una risoluzione spaziale di $1^\circ \times 1^\circ$; inoltre per i primi tre prodotti era nota la distribuzione delle emissioni per ogni tipologia di copertura del suolo, e per essi si è mantenuta la risoluzione spaziale originale di $0,5^\circ \times 0,5^\circ$.

Trattandosi di una notevole mole di dati, per permetterne l'analisi e l'interpretazione è stato indispensabile sintetizzare le informazioni, sia sulla base della distribuzione temporale e spaziale che della tipologia di copertura del suolo, a scala globale e continentale (Figura 1), mediante i più comuni parametri statistici. Le emissioni di CO sono state valutate per i cinque prodotti a livello globale, continentale e per tipologia di copertura del suolo, con risoluzione temporale mensile e annuale. A causa della quantità dei dati da trattare è stato necessario implementare delle procedure di calcolo automatiche. In un primo momento le elaborazioni sono state eseguite grazie a un programma scritto in linguaggio Fortran90, mentre le sintesi calcolate su base temporale o per copertura del suolo sono state rappresentate tramite grafici realizzati con Microsoft Excel.

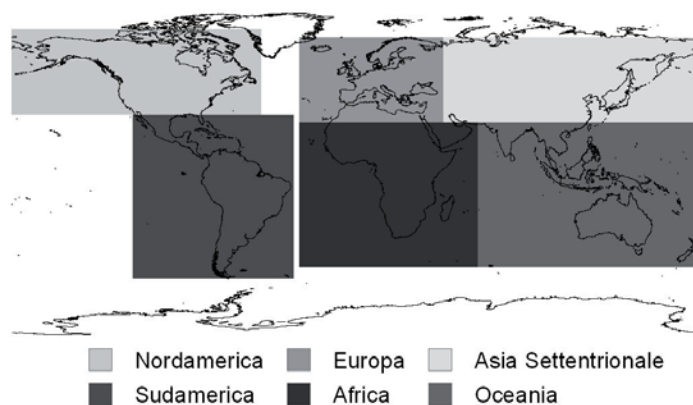


Figura 1 - Le sei finestre geografiche considerate durante il progetto

I tool realizzati in ambiente ArcGIS

Il crescente interesse dei partecipanti alla ricerca, il conseguente aumento di tipologie di analisi richieste e l'imminente disponibilità di nuove serie di dati hanno portato ad optare per la progettazione e l'implementazione dei metodi di analisi in un ambiente di programmazione più orientato a criteri di modularità e automatizzazione dei processi. Si è deciso quindi di realizzare appositamente un insieme di strumenti informatici in ambiente GIS in grado di agevolare il confronto dei diversi prodotti di emissione in maniera automatica, che fosse il più possibile interattivo e semplice da usare, in modo da permetterne l'utilizzo anche da parte di utenti non esperti di strumenti GIS e di programmazione. Gli strumenti impiegati per la realizzazione dei *tool* sono basati su piattaforme ampiamente riconosciute come standard del settore: il pacchetto di applicazioni ESRI ArcGIS ed il linguaggio di programmazione *open-source* Python.

Per la realizzazione di tutte le procedure, dopo una fase preliminare di studio del problema è stata utilizzata, dove possibile, l'applicazione ModelBuilder di ArcGIS. Essa consente la creazione dei cosiddetti "modelli" (Figura 2), semplici diagrammi che descrivono il flusso delle operazioni, contengono le informazioni necessarie per l'esecuzione e la creazione dei dati in uscita e mostrano la documentazione corrispondente. Tali modelli offrono tuttavia una scarsa flessibilità di personalizzazione: infatti tutte le funzioni all'interno dei modelli devono essere previste da ArcGIS, inoltre non è supportata la gestione dei cicli, indispensabile in questo lavoro in cui le analisi sono ripetute per mese, per tipologia di copertura del suolo e per finestra geografica. Per risolvere questi problemi è stato necessario ricorrere alla creazione di *script* ad hoc in linguaggio Python che estendono via codice le funzioni di ArcGIS e consentono una migliore gestione dei cicli. Inoltre gli *script* utilizzano la libreria *open-source* Matplotlib per generare automaticamente i grafici ad ogni iterazione eseguita.

Nel corso del lavoro sono stati realizzati 48 *tool* tra modelli creati con ModelBuilder e *script* in linguaggio Python; questi strumenti sono stati organizzati in un unico contenitore (chiamato *toolbox*) in modo da agevolare l'esportazione e la trasportabilità tra diversi utenti o computer. Poiché i potenziali utenti di questi strumenti non possiedono in generale competenze in ambito GIS o di programmazione, è stata generata una semplice interfaccia grafica in grado di guidarli nell'inserimento dei parametri, proponendo eventualmente dei valori di *default* (Figura 3).

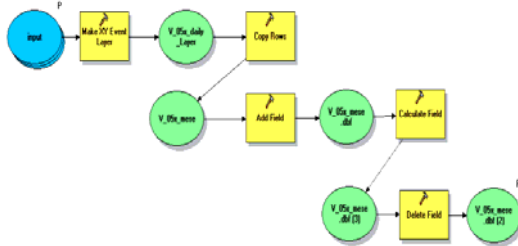


Figura 2 - Esempio di "modello" realizzato con l'applicazione ModelBuilder di ArcGIS (trasformazione dei dati giornalieri in dati mensili)

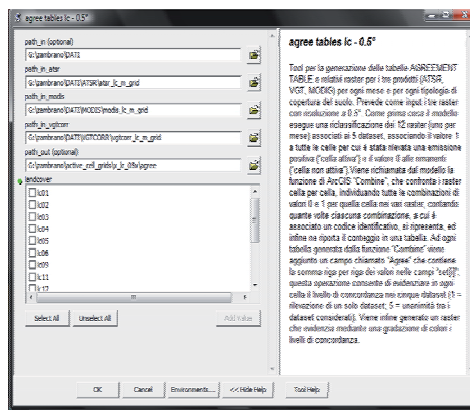


Figura 3 – Esempio di interfaccia grafica di uno dei tool realizzati

Durante l'esecuzione dei *tool* viene mostrata all'utente una finestra che rende noto lo stato di avanzamento delle operazioni (Figura 4). È stata realizzata, inoltre, per ogni *tool* una

documentazione estesa in formato HTML comprensiva di testi, immagini e schemi a cui è possibile accedere in qualunque momento (Figura 5)



Figura 4 - Visualizzazione dello stato di avanzamento delle operazioni

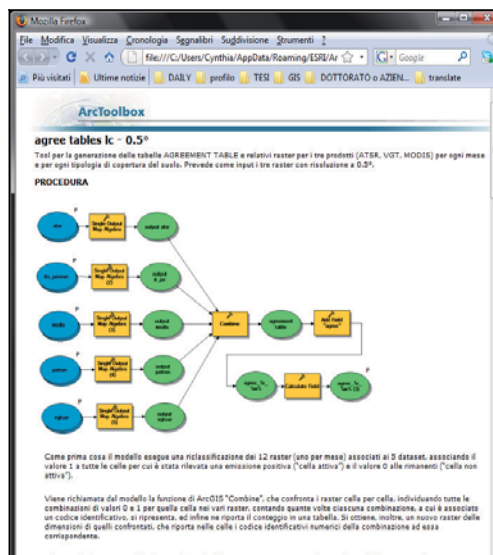


Figura 5 - Documentazione estesa in formato HTML di uno dei tool

Esempi di elaborazioni di dati ambientali

Riportiamo, a titolo di esempio, i risultati di alcune delle elaborazioni che è stato possibile eseguire con i tool realizzati (Figure 6 – 10). In particolare, alcune elaborazioni riguardano la distribuzione delle emissioni di CO associate alla diversa copertura del suolo. La mappa di copertura del suolo usata come riferimento è Global LandCover 2000 - GLC2000 (Bartholomé e Belward, 2005). Tutti i grafici sono generati direttamente dagli script sfruttando le funzionalità della libreria Matplotlib.

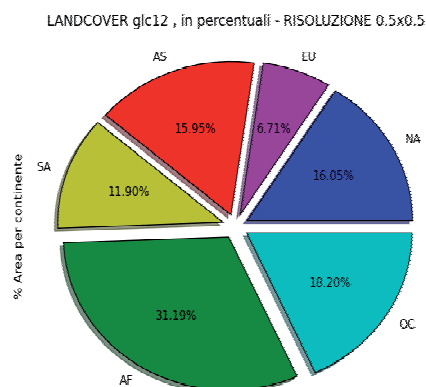


Figura 6 – Esempio di distribuzione della copertura del suolo n. 12 (“Shrub, closed-open, deciduous”) nelle sei finestre geografiche

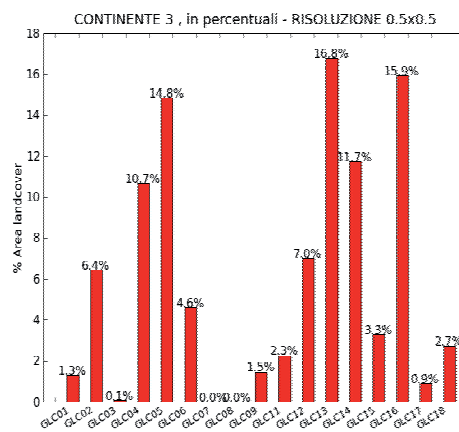


Figura 7 – Esempio di distribuzione della copertura del suolo nella finestra geografica n. 3 (Asia)

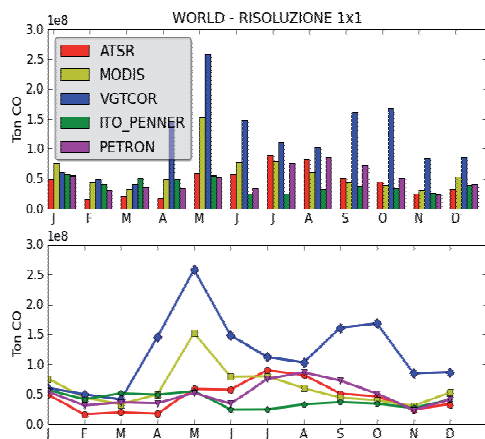


Figura 8 – Esempio di evoluzione annuale e globale dei cinque prodotti di emissione di CO in termini assoluti

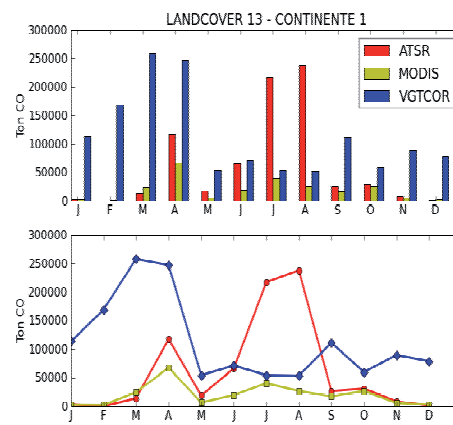


Figura 9 – Esempio di evoluzione annuale di tre prodotti di emissione nella copertura del suolo n. 13 (“Herbaceous cover, closed open”) in Nordamerica, in termini assoluti

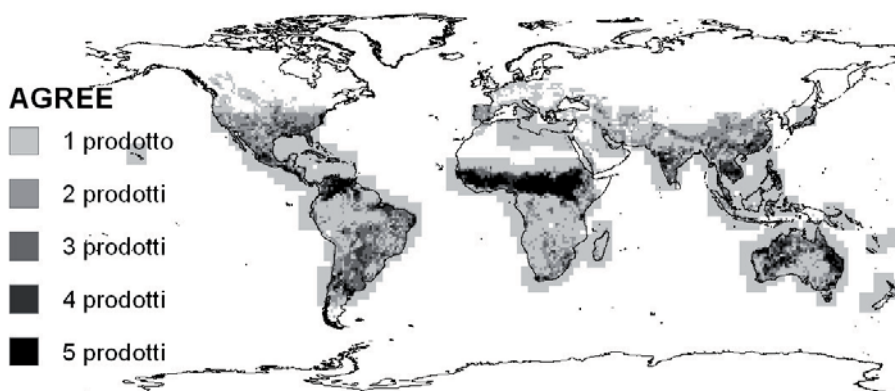


Figura 10 – Esempio di mappe di concordanza fra i diversi prodotti: si tratta di uno strumento utile per il confronto dei cinque prodotti di emissione di CO; le mappe di concordanza sono state generate per ogni combinazione copertura del suolo – mese

Conclusioni e sviluppi futuri

L’obiettivo finale di questo lavoro è fornire uno strumento utile per l’interpretazione dei dati, ruolo che compete ai ricercatori esperti nei settori specifici della chimica dell’atmosfera, mediante lo sviluppo di nuovi strumenti di supporto all’analisi dei dati stessi.

La flessibilità e la documentazione del set di strumenti realizzati consente l’analisi di diversi fenomeni non necessariamente legati agli incendi: è possibile, ad esempio, variare la risoluzione temporale e spaziale delle analisi, adattandole allo studio del nuovo fenomeno che si desidera esaminare. Per questa ragione gli strumenti realizzati potrebbero costituire un concreto contributo ad una migliore integrazione tra gli studi in diversi settori scientifici.

Una considerazione merita la scelta del software Python: essa infatti ha consentito di usufruire del supporto e della collaborazione della comunità on-line attraverso forum e siti web amatoriali o

ufficiali, e a maggior ragione potrebbe risultare una scelta strategica nel prossimo futuro, vista la tendenza di numerose aziende multinazionali (Google, Yahoo!, Nasa, Nokia, ecc..) a convergere su piattaforme *Python-based*.

Per quanto riguarda ArcGIS, esso, pur essendo leader indiscusso nel settore dei Sistemi Informativi Territoriali, non costituisce una scelta obbligata. I GIS *open source* quali ad esempio GRASS, OpenJump, QuantumGIS e PostGIS possono risultare una valida alternativa per Enti con budget ridotti. La progettazione degli strumenti realizzati in questo lavoro rimane concettualmente valida per lo sviluppo di un analogo set di strumenti su qualunque altra piattaforma GIS.

In vista di futuri sviluppi del progetto, è stata prevista la progettazione di una base di dati in grado di archiviare tutto il materiale fornito dagli Enti di ricerca e le elaborazioni successive (tra cui le tabelle di sintesi e i relativi grafici) in una forma organizzata e facilmente consultabile dagli addetti ai lavori. A questo proposito, ArcGIS prevede già oggi la possibilità di archiviare dati geografici in una speciale forma di base di dati, chiamata "Geodatabase", in grado di memorizzare in forma strutturata le informazioni, mantenendone le relazioni reciproche.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato realizzato grazie alla collaborazione con il CNR - IREA di Milano. In particolare, desideriamo ringraziare il Dott. Pietro Alessandro Brivio e la Dott.ssa Daniela Stroppiana.

Riferimenti bibliografici

- Bartholomé E., Belward A. (2005), "GLC2000: a new approach to global land cover mapping from Earth observation data", *Int. J. Remote Sens.*, vol. 26 (9), pp. 1959-1977.
- Boschetti L., Brivio P. A., Eva H. D. e Grégoire J. M. (2004), "Lessons to be learned from the comparison of three satellite-derived biomass burning products", *Geophysical Research Letters* 31-L21501.
- Giglio L., Van der Werf G.R., Randerson J.T., Collatz G.J., e Kasibhata P., "Global estimation of burned area using MODIS active fire observations", *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 6, pp. 957-974, 2006.
- Ito A., Penner J. E. (2004), "Global estimates of biomass burning emissions based on satellite imagery for the year 2000", *Journal of Geophysical Research.*, 109, D14S05, doi:10.1029/2003JD004423.
- Jain A. K. (2007), "Global estimation of CO emissions using three sets of satellite data for burned area", *Atmospheric Environment* 41- 6931-6940.
- Kasischke E. S., Hewson J. H., Stocks B., van der Werf G., Randerson J. (2003), "The use of ATSR active fire counts for estimating relative patterns of biomass burning - a study from the boreal forest region", *Geophysical Research Letters*, 30, doi:10.1029/2003GL017859.
- Michel C., Liosse C., Grégoire J. M., Tansey K., Carmichael G. R. e Woo J. H. (2005), "Biomass burning emission inventory from burnt area data given by the SPOT-VEGETATION system in the frame of TRACE-P and ACE-Asia campaigns", *Journal of Geophysical Research* 110-D09304.
- Pétron, G., Granier C., Khattotov B., Yudin V., Lamarque J.-F., Emmons L., Gille J. e Edwards D. P. (2004), "Monthly CO surface sources inventory based on the 2000-2001 MOPITT satellite data", *Geophys. Res. Lett.*, 31, L21107, doi:10.1029/2004GL020560.
- Seiler, W. e Crutzen P.J. (1980), "Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning", *Climatic Change*, 2, 207-247.
- Tansey K., Grégoire J.M., Defourny P., Leigh R., Pekel J.F., Van Bogaert E. e Bartholomé E. (2008), "A new, global, multi-annual (2000-2007) burnt area product at 1 km resolution", *Geophys. Res. Lett.*, 35-L01401.