

UN APPROCCIO INNOVATIVO PER INVENTARIARE L'USO DEL SUOLO IN ITALIA

Michele BOCCI (*), Olga RENDA (**), Vanessa TEDESCHI (***), Antonio LUMICISI (***)

(*) Geographike S.r.l., Via Sansedoni 7, 53100 SIENA, m.bocci@geographike.it

(**) Intecs Informatica e Tecnologia del Software S.p.A., Pisa, olga.renda@intecs.it,

(***) Direzione per la Ricerca Ambientale e lo Sviluppo del Ministero per l'Ambiente e la Tutela del Territorio e del Mare, vanessa.tedeschi@tfambiente.it, lumicisi.antonio@minambiente.it

Riassunto

Il Protocollo di Kyoto richiede la realizzazione, per ogni Paese firmatario, di un sistema inventariale nazionale che consenta di contabilizzare l'assorbimento di carbonio (al netto delle emissioni dei gas non-CO₂) delle attività di Uso delle Terre, Cambiamento di Uso delle Terre e Selvicoltura (*Land Use Land Use Change and Forestry, LULUCF*) in conformità con le decisioni adottate dall'UNFCCC ed in accordo con le Linee Guida e Buone Pratiche (GPG) raccomandate dal Gruppo di esperti Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (IPCC).

Il presente lavoro si concentra sugli aspetti metodologici di una sperimentazione in corso, condotta nell'ambito del progetto GSE Forest Monitoring e consiste nella realizzazione di un data base geografico per la classificazione degli usi del suolo secondo le categorie indicate da UNFCCC nelle *IPCC Good Practice Guidance for LULUCF* (IPCC-GPG, 2003) basato su un campionamento ad alta densità di punti fissi (10pt/km²). La codifica dei punti prevede l'analisi dell'intorno di ogni punto con tecniche di Telerilevamento basate sulla segmentazione ad oggetti e la classificazione *fuzzy*. I dati utilizzati sono costituiti da immagini ad alta risoluzione (Ikonos ed ortofoto), immagini satellitari Spot e dati ausiliari regionali, tutti relativi al 2006. Vengono inoltre utilizzati nella procedura di classificazione i dati prodotti nelle fasi precedenti del progetto (Uso del Suolo 2002 e 1990e le immagini del Volo Italia alta quota 1988-89).

Abstract

The Kyoto Protocol requires that each signatory Country set up a National Inventory System for accounting the carbon sequestration (net from non-CO₂ gases emissions) due to Land Use Land Use Change and Forestry (LULUCF) activities, in compliance with the UNFCCC decisions and according to the Good Practices and Guidelines recommended by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) of the United Nations.

The current work focuses on the methodological aspects of an experimental service, realized within the GSE-Forest Monitoring project. The purpose is to implement a spatial database for land use classification according to the UNFCCC (IPCC Good Practice Guidance on LULUCF, 2003) classes based on an high density sampling (10 fixed points per km²). Samples are coded by analysing their neighbour by means of Remote Sensing Techniques (based on objects segmentation and fuzzy classification). Source data are high resolution images (Ikonos and Ortho-photos), Spot Images and regional ancillary data from 2006 and the data produced during the previous phases of the project (Land Use Map 2002 and 1990, Italian Flight 1988-89 aerial photos) .

L'importanza dei serbatoi agroforestali per limitare le emissioni di gas ad effetto serra

Dal 1° Gennaio 2008 ha inizio il primo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto: da questa data fino al 31 Dicembre 2012 l'Italia deve ridurre il bilancio nazionale delle emissioni di gas serra di una quantità pari a circa 100 milioni di tonnellate di CO₂ all'anno (-6.5% delle emissioni al 1990), pena l'applicazione di sanzioni di inadempienza attualmente stimate per ogni tonnellata eccedente.

La contabilità delle emissioni, da presentare a scadenze fissate e complessivamente nel 2014, deve essere conforme alle procedure previste dagli organi internazionali di revisione della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) e l'Italia, al pari degli altri Paesi firmatari, deve impegnarsi a realizzare il proprio "Sistema Nazionale di rendicontazione per il Protocollo di Kyoto" (*National System*).

Secondo il Protocollo di Kyoto ed i successivi accordi negoziali, parte di questo sistema deve essere dedicato al contributo dei cosiddetti "sinks" biogenici di carbonio (vegetazione e suoli), che attraverso l'azione di fissazione della CO₂ atmosferica costituiscono una voce a detrazione nel bilancio nazionale delle emissioni di gas serra, concorrendo così a rendere meno oneroso l'obiettivo di riduzione per ogni Paese Firmatario.

L'Italia ha scelto di impiegare quale "sink" di carbonio la propria superficie forestale ed ha pertanto previsto di istituire, sotto la competenza del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) il Registro Nazionale dei Serbatoi di Carbonio Agro-Forestali (DM 01/04/08, di seguito il Registro) quale parte integrante del proprio sistema di contabilità per il Protocollo di Kyoto .

Il Registro tuttavia, per la specificità delle sue funzioni, necessita di basi dati numeriche e cartografiche a copertura nazionale di cui l'Italia attualmente non dispone.

In particolare risulta prioritario stimare innanzitutto le variazioni di uso del territorio che hanno determinato una contrazione od espansione della superficie forestale (variazione di uso delle terre "da" e "verso" la categoria foresta con riferimento al sistema di classificazione di uso delle terre IPCC-GPG 2003¹) nel periodo 1/1/1990 – 31/12/2012 dal momento che ad esse è associata un'azione corrispondente di emissione/assorbimento di gas serra².

A tal scopo il DM 01/04/08 individua l'Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia – IUTI), come uno dei quattro strumenti operativi mediante i quali il Registro esercita le sue funzioni.

L'approccio metodologico

La possibilità di monitorare i cambiamenti di uso del suolo secondo la classificazione IPCC-GPG richiede la definizione di una metodologia che individui le categorie definite con accuratezza, permetta la stima delle superfici con precisione e conduca, infine, a risultati sempre riproducibili a partire dai dati di partenza.

Tipicamente una metodologia con queste caratteristiche richiede l'utilizzo di tecniche di rilevazione *in situ* e la pratica inventariale, che necessita di rilievo a terra degli attributi della classificazione, rimane di gran lunga l'opzione più affidabile. Gli inventari, tuttavia, sono attività onerose sia dal punto di vista dei costi che dei tempi di realizzazione e per questo rappresentano spesso opzioni poco praticabili per il monitoraggio di vaste estensioni di territorio.

Un'alternativa all'approccio inventariale è rappresentata dall'utilizzo di immagini satellitari, oggi disponibili in una vasta gamma di risoluzioni ed a costi che ne hanno incoraggiato l'impiego in numerose applicazioni territoriali.

¹ Settlements, Cropland, Forest Land, Grassland, Wetlands, Other Lands, IPCC 2003

² Non solo CO₂ ma nel caso di perdita della superficie forestale per incendio anche CH₄ e N₂O

Il presente lavoro costituisce una sperimentazione delle tecniche di telerilevamento per il monitoraggio dell'uso e dei cambiamenti di uso del suolo secondo la classificazione IPCC-GPG e si basa sull'impiego di una combinazione di dati derivanti da immagini satellitari ad alta ed altissima risoluzione, ortofoto e dati ausiliari.

La metodologia di classificazione si caratterizza per l'applicazione del concetto autentico di "land-use" che, in contrapposizione a quello di "land-cover" tiene conto del valore socio-economico dell'uso, allo scopo di determinare, in modo univoco, la predominanza di un dato uso delle terre tra i diversi possibili³. È frequente infatti il caso della coesistenza di usi concorrenti sulla stessa superficie oggetto di classificazione.

Il lavoro presentato è il primo tentativo di implementazione, a scala ridotta, dell'Inventario dell'Uso delle Terre di Italia – IUTI, parte integrante delle basi dati impiegate dal "Registro Nazionale dei Serbatoi di Carbonio agro-forestali" per quantificare il contributo dei sinks nella contabilità del Protocollo di Kyoto.

Il progetto GSE-Forest Monitoring

La realizzazione di IUTI sulla provincia di Sondrio è inserita nell'ultima fase (Aprile 2008 – Marzo 2009) del progetto "GSE-Forest Monitoring" (GSE-FM), finanziato dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) nell'ambito del programma GSE (Global Monitoring for Environment and Security Service Element). Attualmente il MATTM partecipa al GSE-FM come utente finale, beneficiario, cioè, dei risultati prodotti.

Il progetto GSE-FM rappresenta un'iniziativa di ESA intesa ad indagare le potenzialità del telerilevamento satellitare per fornire un supporto operativo per Paesi dell'Unione Europea nell'applicazione del Protocollo di Kyoto ed in generale nel monitoraggio delle foreste. Esso fa seguito ad un altro progetto, il Kyoto-INV (Kyoto-INVENTORY), realizzato con gli stessi scopi. Il GSE-FM è coordinato dalla società tedesca GAF e coinvolge tutti i paesi dell'Europa centro-occidentale (per la Francia è compreso il territorio della Guyana Francese), la Polonia ed alcuni paesi africani.

In questo contesto Intecs Informatica e Tecnologia del SW (Intecs) ha fornito il servizio di LULUCF monitoring per il caso Italiano realizzando una mappa di uso del suolo, con le classi previste dal Protocollo di Kyoto, per l'anno 1990 (anno di riferimento o *baseline year*) su tutta Italia; su sei regioni Intecs ha realizzato anche le mappe di uso per il 1997, 2002 e le relative mappe dei cambiamenti. Le fonti primarie di dati sono costituite da coppie di immagini Landsat 5 e 7 (*season to season*), integrate da dati ausiliari forniti dal MATTM e dalle singole Amministrazioni regionali.

Fonti e date

Le fonti dati saranno costituite da:

Fonte	Caratteristiche	Funzione
ortofoto digitali	elevata risoluzione geometrica e scarso contenuto informativo di tipo radiometrico (assenti informazioni nell'infrarosso)	delineazione degli elementi territoriali presenti nell'intorno dei punti con il necessario grado di dettaglio

³ Eurostat 2003, Land Cover definition : "The land cover is the observed physical cover of the earth's surface", Land Use definition: "The land use is the description of socio-economic function of the same area".

immagini ad altissima risoluzione (Ikonos)	elevata risoluzione geometrica e alto contenuto informativo in termini radiometrici	delineazione degli elementi territoriali con il necessario grado di dettaglio che la loro corretta classificazione mediante il contenuto radiometrico
immagini satellitari (Spot5, Rapideye o Aster)	media risoluzione geometrica, ma alto contenuto informativo in termini radiometrici.	tramite la caratterizzazione dell'intorno contribuiscono alla classificazione degli elementi territoriali. L'utilizzo di 2 date (estiva e primaverile/autunnale) consente una migliore definizione degli elementi territoriali.

Le immagini satellitari ad altissima risoluzione risultano particolarmente adatte per questo tipo di servizio, anche se per gli alti costi non risulta attualmente fattibile un servizio estensivo a livello nazionale. Si è ritenuto comunque opportuno inserire tale tipo di dato nella sperimentazione sia per gli aspetti metodologico-sperimentali che per considerazioni legate al progressivo, se pur lento, diffondersi dell'impiego di tali dati in applicazioni estensive a livello regionale (es. Liguria, Emilia Romagna, Veneto, ecc).

A tal proposito segnaliamo che le immagini multispettrali Spot5 hanno una risoluzione pari a 10m, con bande fino all'infrarosso medio; hanno però un elevato costo d'acquisto. Mediante elaborazioni con le immagini pancromatiche sono rilasciati anche prodotti multispettrali a 5 e 2.5 m di risoluzione. Le immagini Aster, con risoluzione di 15 metri fino all'infrarosso vicino e di 30m per varie bande nell'infrarosso medio, sono estremamente più economiche. La missione Rapideye fornirà immagini con risoluzione di 5 m e bande sul visibile e l'infrarosso vicino: non è ancora operativa ma dovrebbe diventarlo presto.

La metodologia

La classificazione dell'uso delle terre qui proposta si basa su un campionamento sistematico per punti del territorio oggetto di indagine. Data l'esigenza di produrre risultati di elevata accuratezza su un territorio con uso del suolo altamente frammentato, quale il territorio italiano, è stato preferito l'approccio campionario alla mappatura "wall to wall". L'attribuzione dell'uso del suolo in aree altamente frammentate infatti, oltre a richiedere fonti di elevatissima risoluzione spaziale richiede anche un impegno foto-interpretativo che mal si sposa con il requisito di fornire dati oggettivamente riscontrabili e riproducibili.

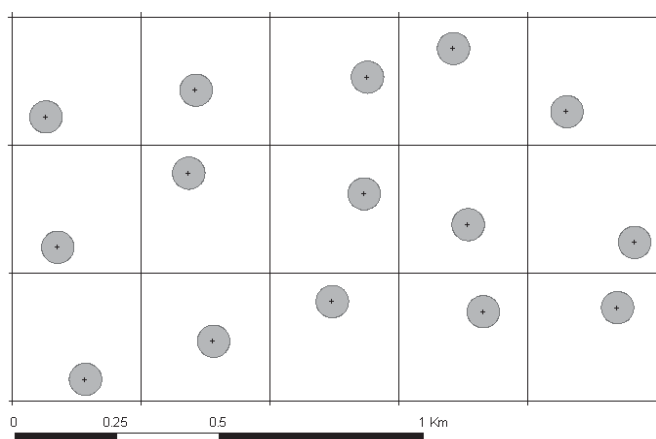


figura 1 – la griglia ed il posizionamento casuale dei punti,

Il campione dei punti, pari a 10 pt/km² è individuato su una griglia di maglia pari a 316,23 m. La posizione di ogni punto della griglia viene poi modificata mediante la somma di un delta *random*, tale da rendere casuale la posizione finale all'interno della cella, rispettando però una distanza dai bordi di quest'ultima in modo da impedire la possibile sovrapposizione delle aree circolari legate ad ogni punto.

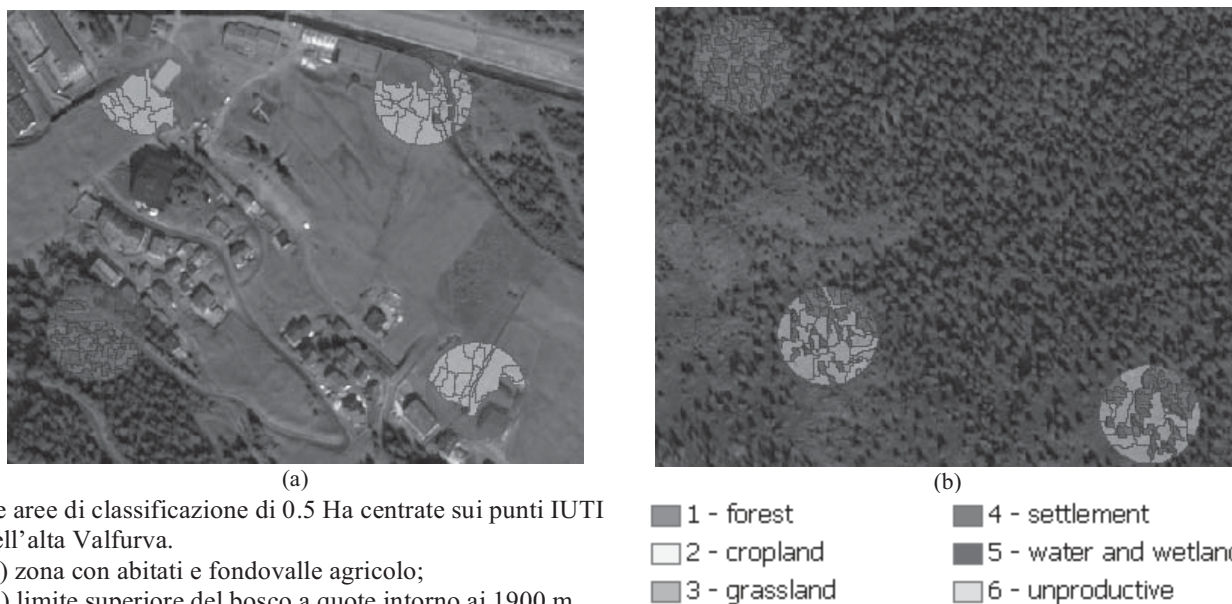
Seguono quindi la fase di delineazione delle componenti territoriali, che avviene mediante segmentazione od oggetti delle immagini ad alta risoluzione e quella dell'interpretazione dell'uso delle terre.

L'assegnazione alla classe di uso delle terre del punto in esame è effettuata su un intorno di forma circolare ed area pari a 0.5 ha, di cui il punto di campionamento rappresenta il centro.

Gli elementi insistenti su tale intorno vengono classificati e viene misurato il loro grado di copertura.

La dimensione dell'area si allinea con uno dei parametri che definiscono la categoria IPCC-GPG "forest" e cioè 0.5ha di sua minima estensione, oltre alla presenza di un grado di copertura potenziale di specie forestali pari almeno al 10% ed una altezza potenziale delle stesse di 5m.

Tenendo conto di una gerarchia della dominanza degli usi delle terre, dalla presenza degli elementi e dal loro grado di copertura, attraverso una procedura iterativa, si procede alla classificazione dell'uso delle terre prevalente nel punto. Le tecniche di analisi di immagine, basate sulla segmentazione ad oggetti e sulla classificazione con *fuzzy logic*, già sperimentate e consolidate in progetti precedenti⁴, sono state ulteriormente affinate per l'impiego in questo nuovo tipo di approccio conoscitivo. Le figure successive illustrano il risultato finale in diverse zone:



Le aree di classificazione di 0.5 Ha centrate sui punti IUTI nell'alta Valfurva.

(a) zona con abitati e fondovalle agricolo;

(b) limite superiore del bosco a quote intorno ai 1900 m s.l.m.

Figura 3 – esempi di applicazione del metodo di classificazione IUTI sulla base di immagini IKONOS 2006.

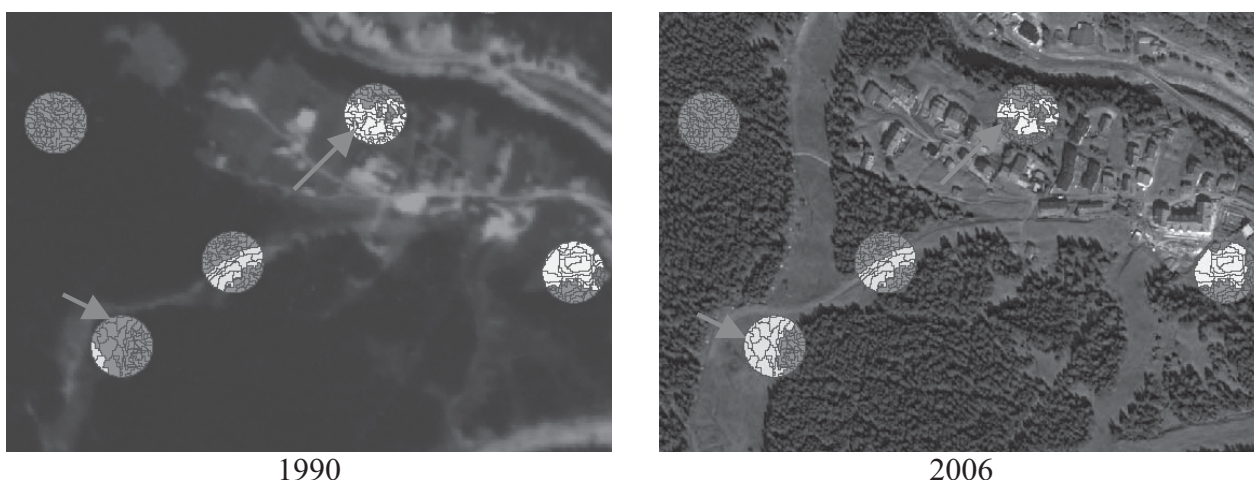


Figura 4 – IUTI 1990 e 2006 a confronto nella zona di S. Caterina Valfurva: da notare in basso a sinistra un cambiamento con deforestazione per l'allargamento delle pista da sci, mentre nella zona centrale in alto l'espansione del nucleo abitato.

⁴ Progetti Kyoto-Inventory e GSE-Forest Monitoring, finanziati dall'Agenzia Spaziale Europea

Conclusioni

Il presente lavoro costituisce una sperimentazione delle tecniche di telerilevamento per il monitoraggio dell'uso e dei cambiamenti di uso del suolo secondo la classificazione IPCC-GPG e si basa sull'impiego di una combinazione di dati derivanti da immagini satellitari ad alta ed altissima risoluzione, ortofoto e dati ausiliari. La metodologia si avvale di regole di classificazione che permettono di applicare il concetto autentico di *land-use* che, in contrapposizione a quello di *land-cover*, basato sulla mera osservazione degli elementi fisici della copertura, ha lo scopo di individuare la funzione socio-economica prevalente dell'area di indagine.

Il caso studio della provincia di Sondrio consente di testare alcuni aspetti critici nell'implementazione della metodologia legati al dimensionamento del campione di punti, della relativa area di indagine ed alla identificazione degli elementi del territorio impiegati per la classificazione.

Gli esiti della sperimentazione permetteranno di valutare l'affidabilità della metodologia, l'efficacia nel raggiungere gli scopi prefissati, gli eventuali limiti e margini di miglioramento ed in ultima analisi l'opportunità di estendere l'applicazione della metodologia stessa a tutto il territorio nazionale.

Bibliografia

- Comitato di Consultazione Scientifica (CCS), "3a riunione del Comitato di Consultazione Scientifica (CCS) del Registro Nazionale dei Serbatoi di carbonio forestali", – , 2007
- Bocci M. et al., (2007), "Il Telerilevamento per il Protocollo di Kyoto: confronto tra I dati GSE-forest Monitoring e l'Inventario Forestale Nazionale", *Asita 2007*
- Romero J., Space for UNFCCC and the Kyoto inventory and GSE Forest Monitoring projects
- Bocci M. et al., (2006), "Il Telerilevamento: strumento efficiente nelle verifiche per l'attuazione del protocollo di Kyoto, *ASITA 2006*
- Bocci M. et al. (2006) Remote Sensing techniques for land use mapping at national level in Kyoto Protocol activities (Italy and Switzerland) by using Landsat images and testing Spot and Chris data, *EARSEL 2006*
- EUROSTAT (2003). Land Use/Cover Area frame statistical Survey (LUCAS) - Technical document n°4, Instructions for Surveyors ver. 2.2 del 10 Ottobre 2003, Eurostat 2001.
- FAO, 2000 – Global Forest Resources Assessment. Main report. Appendix 2: Terms and definitions. FAO Forestry Paper 140.
- FAO, 2005 – Global Forest Resources Assessment. Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper 147
- INFC, 2003b – Manuale di fotointerpretazione per la classificazione delle unità di campionamento di prima fase. Autori F. De Natale e P. Gasparini. Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. MiPAF - Direzione Generale per le Risorse Forestali Montane e Idriche, Corpo Forestale dello Stato, ISAFa, Trento. 82 pp. [on line] URL: http://www.isafa.it/scientifica/pubblicazioni/pu_infcc/Public.html
- Inventario Forestale Nazionale, una mappa per orientarsi nella sostenibilità, Forum PA, <http://www.forumpa.it/archivio/2000/2400/2480/2484/inventario-vicine.html>
- Inventario Nazionale delle Foreste e del Carbonio, www.ifni.it
- Janssens IA et Al., (2003), "Europe's terrestrial biosphere absorbs 7 to 12% of European anthropogenic CO2 emissions", *Science* 300, 1538-1542.
- Magnani F. (2005), " Il ruolo della vegetazione, il progetto CarboItaly", *ARPA Rivista* N. 5 Settembre-Ottobre 2005, 20-21
- Renda O. (2003) "Forest Environmental Reporting Services", *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'03)*, Vol. 7, p. 4582-458
- Schimel DS et Al.,(2001), "Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems", *Nature* 414, 169-172
- Volden E. (2004) "The ESA KYOTO-INV Project" *Envisat Symposium, Proceedings* n.543