

L'USO DEL TELERILEVAMENTO SATELLITARE PER UNA CORRETTA ANALISI DEGLI IMPATTI AMBIENTALI DEL TURISMO, NEL PARCO NAZIONALE DEL SAGARMATHA (NEPAL).

Fabrizio LUCIANI(*), Maria Teresa MELIS(**)

(*) Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica, Via Pascoli 20, 06100 Perugia, tel. 0755855246, fax 0755855299, e-mail evk2cnr@unipg.it

(**)Università di Cagliari Laboratorio TeleGIS, Dipartimento di Scienze della Terra – Via Trentino, 51 09127 Cagliari tel 0706767701 fax 070282236 telegis@unica.it

Questa ricerca è stata realizzata nell'ambito del Progetto Ev-K₂-CNR – Ricerche Scientifiche e Tecnologiche in Himalaya e Karakorum, con il sostegno del Comitato Ev-K₂-CNR e in collaborazione con la Royal Nepal Academy of Science and Technology (RONAST) come previsto dal Memorandum of Understanding tra il Regno del Nepal e il Governo della Repubblica Italiana e grazie al contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche e del Ministero degli Affari Esteri.

Riassunto

Se si volesse abbozzare una definizione di turismo, si potrebbe dire che esso è costituito dallo spostamento di singoli e di gruppi da un luogo ad un altro, anche di Stati diversi, con la conseguenza di determinare l'intervento di imprese, governi e singoli, al fine di fornire i servizi che il suddetto spostamento comporta.

Gli elementi che sono alla base del compimento dell'attività turistica e che permettono che questa si sviluppi sempre più sono: l'aumento del reddito pro-capite, lo sviluppo tecnologico dei trasporti e delle comunicazioni e, principalmente, la maggiore disponibilità di tempo libero.

Si considerano come ulteriori componenti che generano il bisogno turistico: la necessità di soddisfare un desiderio di natura fisiologica, culturale o religiosa; la convinzione che un determinato bisogno venga appagato recandosi in un certo luogo; la volontà di portarsi effettivamente nel luogo prescelto ed una idonea disponibilità economica.

Ciò che colpisce molto l'attenzione è il fatto che i beni turistici di ordine naturale tendono a diminuire sia quantitativamente, che ad essere alterati qualitativamente, per effetto dello sviluppo edilizio ed, in generale, degli impatti ambientali che sono diretta conseguenza del turismo stesso.

Il Parco Nazionale del Sagarmatha, per i suoi innumerevoli scenari paesaggistici e scrigno di incomparabili bellezze, con le montagne più alte del mondo, nonché per la cultura e le tradizioni dei locali, influenzate profondamente dalla loro religione, si presta ad un tipo di turismo elitario, basato sull'alpinismo di alta quota e sul trekking. Il prezzo da pagare in termini economici e naturali è però molto elevato. Questo studio si pone l'obiettivo di cominciare ad identificare le diseconomie esterne presenti nell'offerta turistica integrata di quest'area geografica. La metodologia adottata fa esplicito riferimento all'uso del telerilevamento satellitare di tipo multitemporale; quanto ai risultati attesi, il proponimento finale dei ricercatori è quello di contribuire a diminuire sensibilmente il numero e l'importanza delle problematiche connesse con questo uso del territorio, di veder aumentare il cosiddetto indice di biopotenzialità ed, infine, ma di non minore importanza, di mantenere condizioni di vita accettabili per la popolazione Sherpa.

Abstract

A broad definition of tourism may be the moving of people from one place to the another and between different countries too. The consequence is the participation of trades, governments and

single persons which have to provide all necessary services. The main elements for the developing of tourism business are: the per capita income growing, the technological communication increasing and the largest availability of free time for holidays. We can consider other factors for touristic needs too as: a physiological, cultural and religious requirement to satisfy own wishes; the belief that it's necessary to visit a specific place to gratify a specific condition and finally the economic availability. An important point of attention is the quantitative and qualitative decreasing of natural touristic resources. This is due to urban spreading and to environmental impact of touristic activities too. The Sagarmatha National Park with its grandiose landscape views, the highest peaks in the world and the local cultural tradition lends to an elitist tourism of climbers and trekkers. The price to be paid for it is high in terms of economic and natural resources. This study aims to begin to analyze the outer dis-economies in the touristic integrated offer in this geographic area. The adopted methodology proposes multi-temporal remote sensing techniques as a tool for understanding the environmental impacts. We hope to contribute to know more about the natural response to touristic impact and to facilitate the land-use planning for bio-potential index increasing. These actions are effective if we consider to support the local Sherpa communities and their quality of life.

1. Economia del turismo

Se si volesse abbozzare una definizione di turismo, si potrebbe dire che esso è costituito dallo spostamento di singoli e gruppi da un luogo ad un altro, anche di Stati diversi, con la conseguenza di determinare l'intervento di imprese aventi lo scopo di fornire i servizi che questo movimento richiede.

Le categorie interessate al turismo sono molte, ma principalmente si hanno i turisti (coloro che, per qualsiasi motivo non lavorativo, vanno volontariamente da un luogo ad un altro); gli imprenditori (soggetti che operano nel settore per ottenere un guadagno e che forniscono tutte le prestazioni che il turista ricerca); gli abitanti del luogo (presenti nella duplice veste sia di lavoratori dipendenti di imprese, che in quella di realizzatori di proprie iniziative); infine, vi sono gli organi pubblici (coinvolti nel fenomeno in modo specifico attraverso ministeri ad acta, che in modo generico, attraverso il Parlamento, portatore, solitamente, di interessi diffusi).

In estrema sintesi, si può sicuramente affermare che il turismo sollecita molteplici aspetti di ordine istituzionale (la sicurezza pubblica, ad esempio) e logistico/organizzativi (i flussi, non poche volte, sono caratterizzati da spostamenti massicci), che sono però largamente minoritari rispetto a quelli economici.

2. Il turismo come soddisfacimento di necessita'

Gli uomini si spostano perché spinti da numerose esigenze che, però, si riallacciano tutte al concetto di bisogno. In ognuno di noi è evidente, ad esempio, il bisogno di svago, prima e più importante forma di turismo, che si concretizza normalmente nel movimento dalle città verso le campagne, il mare o i monti, per evadere dai rumori e dagli stress del vivere quotidiano; oppure nella ricerca dei tesori d'arte, sparsi nel mondo, per soddisfare il proprio bisogno di cultura; nella volontà di visitare luoghi santi e templi, al fine di appagare i propri bisogni mistici e, da ultimo, nella voglia di praticare o seguire come appassionati, una attività sportiva, esigenza molto avvertita da coloro che amano se stessi e l'ambiente che li circonda.

Generalmente, in economia, i bisogni vengono ripartiti in tre categorie: di prima necessità o esistenza, di conforto o comodo ed, infine, di lusso. Il turismo si colloca nella seconda classe. A questo punto della nostra esposizione ed in conseguenza della conoscenza diretta che abbiamo dell'oggetto della nostra indagine, ci chiediamo: che rilevanza dobbiamo dare all'area studiata, in cui sono presenti tutti gli elementi appena elencati?

3. Parco Nazionale del Sagarmatha e flussi turistici

Il Parco Nazionale del Sagarmatha, il più elevato del mondo, con un ambiente naturale di straordinaria grandiosità (ritengo opportuno ricordare che l'Everest è parte integrante di esso)

presente in un'area di 1200 Km² predisposta alla tutela dell'unicità della regione, della gente, delle sue montagne, della flora e della fauna, con l'intento di conciliare il turismo moderno con la cultura tradizionale Sherpa, è situato nel distretto del Solu-Khumbu, nella regione nord-orientale del Nepal e venne istituito nel 1976, con uno statuto di rigorosa protezione e conservazione delle sue risorse naturali.

Quanto alle presenze di visitatori nell'area parco, nel 1964 risultano registrati un totale di 20 unità. Nella stagione autunno-primavera del 1972/'73, sono presenti 3.200 visitatori. (Mishra, 1973). Nella stagione 1977/'78, un'incompleta registrazione ha mostrato perlomeno 3.850 trekkers. Nel 1981, questo dato è salito a 5.836. Le presenze sono aumentate a 9.900 nel 1986 ed a 11.366 nel 1988, con un incremento del 37 per cento. Un picco di 16.000 fu raggiunto nel 1993/94 (Banskota and Sharma, 1998).

Riassumendo, la presenza turistica nella valle è cresciuta praticamente dallo zero del 1964 ai 3.200 visitatori nel 1972-73. Da allora, il numero degli escursionisti è aumentato di oltre l'82 per cento fino al 1981, per arrivare ad uno stupefacente 174 per cento tra il 1981 e il 1994. Oggi, più di 20.000 turisti visitano il parco ogni anno.

I turisti del Khumbu sono assai eterogenei; la loro età varia da meno di un anno a più di 80 e provengono da ogni paese del mondo. Dalle statistiche in nostro possesso risulta che i più numerosi sono gli statunitensi, seguiti dai giapponesi e dagli europei. Gli indiani, pur essendo fra i più assidui frequentatori del Nepal, rappresentano una piccola percentuale dei trekkers del Parco del Sagarmatha (Mishra, 1973; Pawsan, 1984).

Il trekking nel Khumbu è fortemente stagionale in conseguenza delle piogge monsoniche che insistono sull'intero arco himalayano ed impediscono i viaggi aerei interni; di conseguenza, sono scarse le presenze turistiche in estate. Da ottobre a dicembre il tempo è migliore e spesso relativamente dolce; i trekkers, interessati ad ammirare e affrontare le montagne più alte della terra, si trovano quindi nella condizione ideale. Il secondo periodo consigliato va da marzo alla prima metà di maggio, quando inizia una fase pre-monsoonica di grande instabilità. La stagionalità di questo turismo provoca due conseguenze per l'ambiente: la prima, positiva, riguarda il sistema ecologico complessivo che può "rigenerarsi" dall'enorme pressione antropica subita nei mesi turistici di punta; la seconda è che, al contrario, un pronunciato afflusso turistico racchiuso in pochi mesi e non scaglionato in tutto l'arco dell'anno, ha sicuramente un altrettanto notevole impatto ma, questa volta, negativo. Si è quindi ritenuto opportuno approfondire questa problematica; la nostra indagine ha impiegato i dati desunti dal telerilevamento satellitare, incrociati con quelli ricavati direttamente sul posto, per iniziare una verifica dell'impatto complessivo che il turismo determina in questa regione fisica.

4. Analisi dei dati telerilevati

Il rilevamento sul terreno per la mappatura delle classi di copertura del suolo attraverso l'analisi di dati telerilevati analizza il settore meridionale del Parco di Sagarmatha lungo la valle che da Lukla sale verso Namche e che da qui si apre verso i ghiacciai del Khumba. Il lavoro riporta una prima fase di analisi del territorio per una valutazione dei cambiamenti di uso/copertura del suolo avvenuti negli ultimi dieci anni e evidenziati mediante l'elaborazione di immagini multitemporali e multispettrali da satellite integrate da una campagna sul terreno per una prima validazione. I dati spettrali sono stati scelti tra quelli disponibili con una bassa e quasi assente copertura nuvolosa, e relativi ad uno stesso momento vegetativo (Tab. 1).

SENSORE	PATH/ROW	DATA DI ACQUISIZIONE	COPERTURA NUVOLOSA
MSS	151/41	15/10/1975	10%
TM5	140/41	17/11/1992	0%
ETM	140/41	30/10/2000	0%
ASTER		23/10/2003	25%

Tabella 1- Dati utilizzati

Il Nepal ha un clima monsonico tropicale e l'anno è diviso in due stagioni: la stagione secca (ottobre-marzo) e la stagione umida o dei monsoni (giugno-settembre). Per questo motivo sono state cercate e risultano molto ben definite dal punto di vista radiometrico le immagini acquisite nell'ottobre/novembre dei diversi anni. La metodologia applicata ha previsto la scelta dei punti di interesse per la costruzione delle chiavi di interpretazione da svolgersi durante la campagna; il rilevamento prevede la verifica puntuale della risposta spettrale secondo transetti scelti nelle immagini e l'acquisizione di informazioni tematiche di tipo fisiografico, che vengono integrate da fotografie orientate e che costituiscono la banca dati sulla quale elaborare le interpretazioni. In particolare si intende capire quali indicatori naturali potranno essere inseriti in un sistema di monitoraggio che valuti la effettiva risposta in termini di resilienza dell'ambiente sul quale insiste la forte pressione antropica. Questi impatti, difficilmente osservabili come singoli episodi in un sistema da satellite si sa che hanno prodotto variazioni di uso del suolo e conseguentemente di copertura vegetale, che un'analisi multitemporale può mettere in evidenza. Si tratta quindi di trovare la chiave di lettura delle informazioni tematiche che sono state raccolte e che dovranno essere organizzate per proporre l'interpretazione.

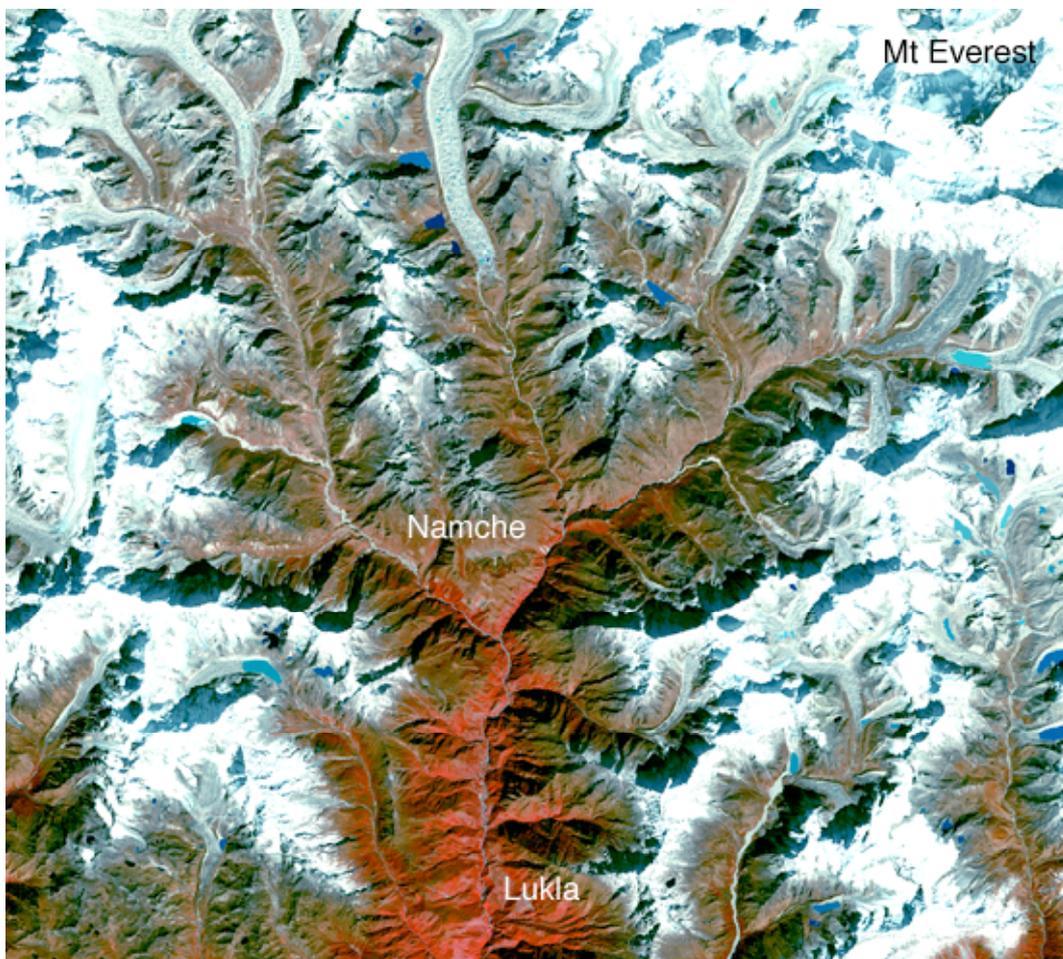


Figura 1- Immagine Landsat ETM+ dell'area oggetto dell'indagine

5. Elaborazione dei dati spettrali

L'applicazione di tecniche di *change detection* della copertura del suolo utilizzando immagini multispettrali si basa sulla possibilità di confrontare i valori di radianza di set di dati diversi dovuti a variazioni di copertura vegetale, urbanizzazione e destinazione d'uso. I valori di radianza da elaborare devono quindi essere confrontabili ossia acquisiti in condizioni di illuminazione simili ed in particolare per studi sulla vegetazione, nel medesimo stadio fenologico.

Una fase importante di questo lavoro è stata quindi quella di verificare la disponibilità di dati che rispondessero a queste caratteristiche e che inoltre potessero essere utilizzati durante la campagna. I dati acquisiti rispondono a queste caratteristiche, anche se le forti morfologie con importanti variazioni di quota lungo i versanti e quindi vaste aree in ombra, in alcuni casi limitano fortemente l'interpretazione e l'applicazione di algoritmi di classificazione automatica. Si è proceduto secondo diverse linee di analisi:

- interpretazione visiva di immagini elaborate, applicando le tecniche di fotointerpretazione e mappatura vettoriale delle unità di copertura del suolo per i diversi set di dati;
- applicazione di tecniche di *change detection* quali la differenza di immagini, la differenza di indici di vegetazione, l'utilizzo di componenti principali selettive (Mas J.F. ,1999);
- confronto tra immagini classificate.

La necessità di testare diversi sistemi di analisi nasce dalla duplice esigenza di arrivare ad un risultato significativo in termini di tipologia delle variazioni avvenute e d'altra parte di proporre uno strumento di monitoraggio basato su dati radiometrici anche di supporto alla gestione del Parco.

La disponibilità dei dati pancromatici dell'ETM ha permesso di utilizzare un set di dati multispettrali ad alta risoluzione, ottenuti applicando la funzione di pan-sharpening con il metodo delle componenti principali. Questo metodo permette di ottenere un nuovo set di bande che riportano i valori di radianza originali, permettendo di applicare successivamente quelle funzioni che potranno essere utili nelle analisi di *change detection*. Inoltre, partendo da questi dati sono stati scelti i punti di campionamento per la campagna di validazione poiché l'immagine costituisce la base informativa per l'interpretazione delle coperture del suolo che dovranno essere monitorate nell'analisi multitemporale. I dati ETM diventano inoltre confrontabili con le bande VIR ASTER.

6. Legenda

La scelta delle classi di legenda risponde parzialmente all'esigenza di capire quali influenze le attività turistiche abbiano avuto sull'habitat e quali modificazioni possano essere rilevate dai sensori utilizzati. Dal punto di vista metodologico è stata scelta la classificazione del CORINE Land Cover, che nasce come prodotto di foto-interpretazione di dati multispettrali e che ha permesso di definire durante le sue prime fasi di lavoro e di aggiornamento le chiavi di interpretazione per la creazione delle classi di legenda.

1. TERRITORI ARTIFICIALI	1.1 Aree urbane	1.1.2 Tessuto urbano discontinuo
2. TERRITORI AGRICOLI	2.1 Seminativi 2.4 Zone agricole eterogenee	2.1.1 Seminativi in aree non irrigue 2.1.3 Risaie 2.4.1 Colture annuali associate a colture permanenti 2.4.3 Aree principalmente occupate dall'agricoltura, con presenza di vegetazione naturale 2.4.4 Aree agroforestali
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	3.1 Zone boscate 3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea 3.3 Spazi aperti senza o con poca vegetazione	3.1.2 Boschi di conifere 3.1.3 Boschi misti 3.2.1 Praterie e pascoli naturali 3.2.2 Brughiere e cespuglieti 3.2.4 Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in mutazione 3.3.2 Rocce nude 3.3.3 Aree con vegetazione rada 3.3.5 Ghiacciai e nevi perenni
5. CORPI IDRICI	5.1 Acque continentali	5.1.1 Corsi d'acqua 5.1.2 Bacini d'acqua

Tabella 2 – Classi di legenda secondo lo schema CORINE Land Cover.

L'utilizzo dei dati del sensore ASTER (Fig. 2), aumenta le capacità radiometriche per l'applicazione di algoritmi di classificazione delle coperture del suolo, anche in funzione di una risoluzione al suolo di 15 metri nel set di bande del VIR. Un primo livello di classi di interpretazione viene dunque definito nella Tabella 2.

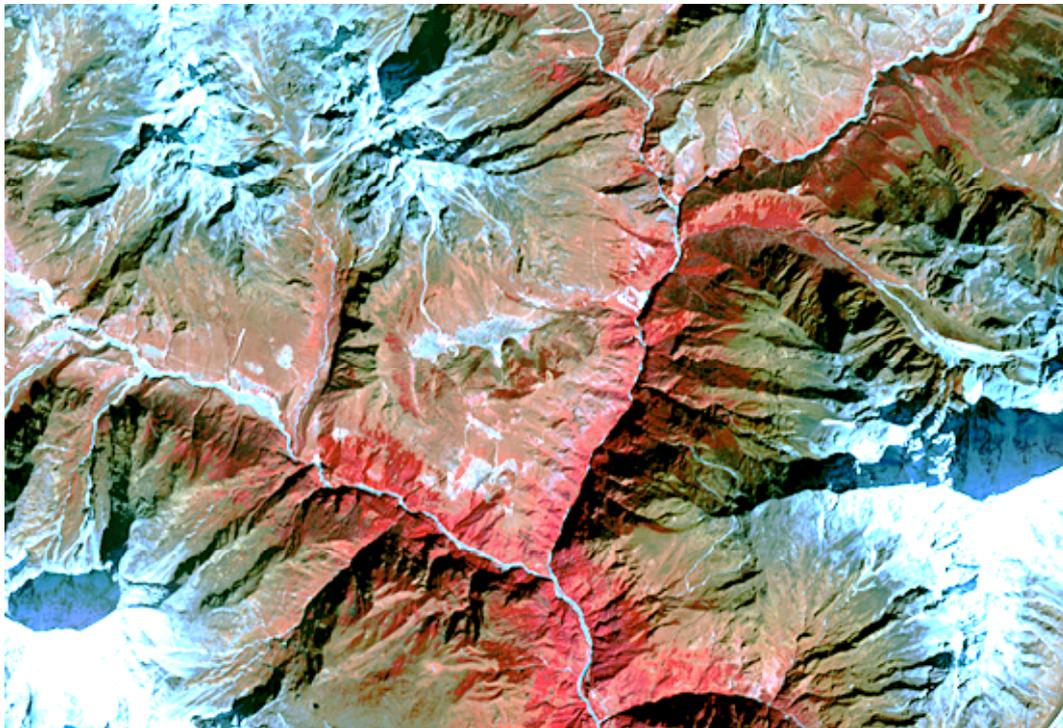


Figura 2 - Immagine ASTER VIR del settore di Namche; sono evidenti in scuro le aree boscate d'alta quota lungo le valli.

Conclusioni

Questo lavoro vuole essere un primo contributo all'interpretazione di un fenomeno noto ma non quantificato in termini cartografici. Da un primo confronto tra le immagini TM del 1992 e ETM del 2000 emerge un generale aumento di biomassa evidenziato da un diffuso ampliamento della risposta nell'infrarosso. La disponibilità dei dati MSS del 1975 ci permetterà di ampliare in termini temporali l'analisi, che storicamente riconosce un certo livello di degrado forestale negli ultimi 50 anni. La cartografia che si propone utilizza come base l'immagine ASTER, che risulta essere idonea sia durante le fasi di foto-interpretazione in campagna che per la classificazione e la creazione del modello di evoluzione del territorio. Viene inoltre testata ulteriormente la classificazione CORINE Land Cover come standard di interpretazione spettrale con sensori diversi.

Non esiste un metodo a priori per la mappatura delle unità di copertura del suolo e per le valutazioni dei cambiamenti. L'impostazione metodologica di questo lavoro è stata quella di costruire la conoscenza delle relazioni spettrali tra le unità definite dai diversi sensori e la verità a terra. Queste relazioni, supportate dai metodi di confronto dei valori di radianza portano ad ipotesi di valutazione integrabili con le tematiche ambientali, economiche e sociali che vengono studiate dai diversi gruppi di ricerca in queste aree.

Bibliografia

Mas J.F. (1999), "Monitoring Land-cover changes: a comparison of change detection techniques", Int. J. Remote Sensing, vol. 20, no 1, 139-152.