

GEOGRAFIA STORICA, TELERILEVAMENTO E TECNOLOGIA GIS: UNA RASSEGNA BIBLIOGRAFICA

Stefano Campana

1. Introduzione

Da più di un decennio GIS e Telerilevamento mettono a disposizione della disciplina geografica una serie di strumenti analitici e di gestione delle informazioni a basso costo. Questa cultura tecnologica, nata oltreoceano negli anni '60 ha rapidamente ampliato gli obiettivi perseguibili da gran parte delle Scienze della Terra e delle Scienze Sociali. Le discipline geografiche hanno svolto prima negli Stati Uniti e successivamente in Gran Bretagna un ruolo di primo piano nel loro sviluppo applicativo. In abito italiano l'affermazione di questi strumenti è avvenuta con un certo ritardo privilegiando, come era avvenuto già negli altri paesi, le applicazioni alla geografia economica e politica.

In questo breve contributo oltre alla definizione della disciplina del Telerilevamento e della tecnologia GIS saranno descritte alcune possibili applicazioni agli studi storico-geografici in riferimento all'esperienza condotta nell'ambito dell'insegnamento di Geografia dell'Università di Siena.

2. Definizioni, ambiti disciplinari e stato dell'arte

Telerilevamento

Un modo semplice ed efficace per spiegare che cosa si intende con il termine Telerilevamento è offerto dalla parafrasi di esempio pubblicato nel *Remote Sensing Tutorial* della NASA¹. Mentre state leggendo queste righe, siete a tutti gli effetti coinvolti in un'operazione di Telerilevamento. La luce è riflessa dalla pagina (radiazioni), attraversa un certo spazio (definizione di una distanza e quindi dell'assenza di contatto), viene acquisita da un sensore (occhi) che invia un segnale ad un processore (cervello). Gli organi di senso dell'uomo prendono coscienza del mondo esterno quasi esclusivamente attraverso la ricezione di una grande quantità di segnali emessi o riflessi, in modo attivo o passivo, da oggetti che trasmettono informazioni sotto forma di onde o impulsi. Si percepiscono le perturbazioni dell'atmosfera che si propagano con moto ondoso come suoni, si sperimentano sensazioni quali il calore (sia attraverso il contatto diretto che a mezzo di energia irradiata), si reagisce ai segnali chimici con il gusto e l'olfatto si è infine in grado di riconoscere forme, colori, posizioni relative di oggetti e tipologie di materiali attraverso il campionamento della luce visibile che da essi proviene.

Riformulata in termini scientifici, in generale, con il termine *Telerilevamento* (in italiano), *Remote Sensing* (in inglese), *Télé-détection* (in francese), *Fernerkundung* (in tedesco), *Perception Remota* (in spagnolo) si definisce la scienza che studia l'insieme delle tecniche e delle metodologie di acquisizione, elaborazione ed interpretazione che permettono l'analisi di oggetti o di fenomeni senza entrare in diretto contatto con essi². Da questa definizione emerge con chiarezza che i dati telerilevati possono essere di diversa natura includendo variazioni di campi di forza, onde sonore, fonti di energia elettromagnetica, ecc.

Il significato di *Remote Sensing* rimanda quindi ad un ambito disciplinare molto esteso che per ragioni intrinseche ha carattere spiccatamente applicativo e interdisciplinare. Metodi e tecniche della disciplina interessano una comunità scientifica in continua crescita che spazia dalle Scienze della Terra, alla Biologia, alla Chimica, alla Medicina, all'Astronomia, ecc.

Nella storia del Telerilevamento le diverse definizioni che troviamo in letteratura risultano condizionate dal livello tecnologico e dalle diverse esperienze professionali dei ricercatori. Obiettivi, natura dei dati telerilevati, strumenti hardware/software utilizzati influiscono sulla formulazione della definizione indirizzando l'attenzione verso le peculiarità dei fenomeni osservati ed osservabili.

Nell'ambito delle Scienze della Terra il Telerilevamento è definito dai principali esperti del settore come la scienza che studia l'acquisizione di dati riguardanti il territorio e l'ambiente (oggetti o fenomeni) attraverso misure radiometriche registrate a distanza da sensori installati su piattaforme terrestri, aeree o spaziali, nonché l'insieme dei metodi per la successiva elaborazione e interpretazione:

¹ Pubblicato in Internet dal viene continuamente aggiornato all'indirizzo: <http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/tofc.html>

² CCRS 1998. Disponibile in Internet all'indirizzo: <http://ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/eduref/tutorial/tutore.html>

Sabins – “*Remote Sensing may be broadly defined as the collection of information about an object without being in physical contact with the object. Aircraft and satellites are the common platforms from which remote sensing observations are made. The term remote sensing is restricted to methods that employ electromagnetic energy as the means of detecting and measuring target characteristics*”³.

Rees – “*Remote Sensing is, rather broadly speaking, the obtaining of information about an object without actually coming into contact with it. A more restricted definition includes the stipulations that the object is located on or near the Earth's surface, that the observations are made from above the object, and that the information is carried by electromagnetic radiation, some measurable property of which is affected by the object being sensed*”⁴.

Il processo di indagine si articola in fasi interconnesse che si succedono a cascata, acquisizione delle immagini, trattamento (analogico e/o digitale), interpretazione e verità-terreno finalizzata alla raccolta di elementi diretti per la messa a punto delle chiavi interpretative⁵.

Nonostante questa definizione lineare il Telerilevamento è ancora oggi considerato da alcuni studiosi come una disciplina relativamente giovane, sviluppatasi contestualmente alla comparsa delle prime immagini riprese dallo spazio agli inizi degli anni Sessanta e ricollegabile in particolare alla classificazione delle firme spettrali in campo agricolo.

Queste posizioni sono in parte il risultato di un equivoco, generato dal carattere spiccatamente applicativo della disciplina. Lo sviluppo di tecniche e di metodologie comuni (piattaforme di ripresa, sensori, elaborazione dati) in settori applicativi diversi e in tempi distinti ha accresciuto la tendenza verso la segmentazione delle conoscenze.

Nella seconda metà del secolo scorso, la maggiore disponibilità di dati e di strumenti integrati, capaci di gestire informazioni di natura differente (in particolare i sistemi GIS) hanno svolto un contributo sostanziale per la presa di coscienza della disciplina.

Negli anni Cinquanta viene coniato negli Stati Uniti il termine *Remote Sensing* da Evelyn Pruitt, geografo dell'Ufficio di Ricerca Navale, con lo scopo di rimpiazzare i concetti di “fotografia aerea” e “aereofotointerpretazione” divenuti ormai troppo limitati. Negli anni a seguire il nuovo termine venne promosso attraverso una serie di convegni presso i Willow Run Laboratories dell'Università del Michigan nel corso dei quali fu accettato da gran parte comunità scientifica internazionale⁶. La contemporanea affermazione di nuove tecniche di ripresa risultò inizialmente fuorviante ma presto, soprattutto in ambiente anglosassone, il Telerilevamento diventa la scienza cui ricondurre tecniche e metodi di analisi sia innovativi sia con una lunga tradizione di studi (si pensi alla fotografia aerea).

Negli ultimi anni la disciplina ha avuto un rapido sviluppo con la messa a punto di nuovi sensori che permettono lo studio della superficie terrestre in tutta quella parte dello spettro elettromagnetico che si estende dall'ultravioletto alle microonde. L'approfondimento concettuale del processo interpretativo compiuto nel corso degli anni dagli studiosi con il superamento della semplice fase di lettura (osservazione limitata agli oggetti visibili in superficie) e lo svolgimento della fase deduttiva (riconoscimento della presenza di strutture obliterate o sepolte) ha permesso di applicare con successo il Telerilevamento alle Scienze della Terra e allo studio del paesaggio.

Oggi acquisizione, elaborazione, analisi e interpretazione dei parametri rilevati da satellite, fotografie aeree oblique e verticali, scanner aviotrasportati, palloni e strumenti geofisici costituiscono tutti settori afferenti alla scienza del Telerilevamento (*Fig.1*). Benché esistano ancora limitazioni all'uso del Telerilevamento ai fini territoriali ed ambientali, questo non rappresenta più semplicemente un contributo

³ SABINS 1996.

⁴ REES 1999.

⁵ Oltre alle definizioni citate vedano, ASP 1983; CURRAN 1985; HORD 1986; CAMPBELL 1987; DRURY 1990; CRACKNELL, HAYES 1991; AVREY, BERLIN 1992; MANTOVANI, MARCOLONGO 1992; LILLESAND, KIEFER 1994; JENSEN 1996; GOMARASCA 1997; SCHOWENGERDT 1997; MATHER 1999.

⁶ Sull'argomento si rimanda alle pagine Internet della Northern Arizona University a cura del prof. Graydon Lenn Berlin: <http://jan.ucc.nau.edu/%7Egeog-p/geog/RemoteSensing/index.html>

aggiuntivo a metodologie di indagine in *situ* di per se esaustive, ma si inserisce nello scenario della pianificazione territoriale, della gestione e del monitoraggio delle risorse come uno strumento che permette lo studio e la comprensione di fenomeni in altro modo non investigabili. Il Telerilevamento si pone come la più recente disciplina fra quelle del rilievo e della rappresentazione del territorio tra cui troviamo la Geodesia, la Topografia, la Fotogrammetria e la Cartografia⁷.

Sistemi Informativi Geografici (GIS)

Decisamente più difficile, rispetto al Telerilevamento, è riuscire a definire in modo univoco ed esaustivo cosa si intende con il termine Sistemi Informativi Geografici. Intanto è importante mettere in evidenza che tra gli stimoli iniziali allo sviluppo di questa tecnologia non vi sono unicamente la crescita della potenza di calcolo degli elaboratori ma una serie articolata di ragioni socio-economiche tra cui lo sviluppo delle teorie dei processi spaziali nell'ambito della geografia sociale, delle scienze economiche, antropologiche, ambientali e quindi la necessità di nuovi e potenti strumenti analitici.

In generale si può affermare che i Sistemi Informativi Geografici e le loro prime applicazioni risalgono agli anni '50 e '60 presso istituti di ricerca militari, laboratori universitari statunitensi e canadesi. In particolare il Canada Information System è stato uno dei primi sistemi GIS operativi finalizzato all'analisi statistica per lo sviluppo e la gestione di vaste aree territoriali. Nello stesso periodo il laboratorio dell'Università di Harvard per la computer grafica ed analisi spaziale ha svolto un ruolo determinante nello sviluppo di soluzioni software fino all'inizio degli anni '80⁸.

L'inizio degli anni '80 coincide con la nascita del personal computer al quale si affianca da subito lo sviluppo di software GIS per mini-hardware (in particolare ARC/INFO).

Negli ultimi vent'anni i sistemi informativi geografici si sono diffusi e affermati con una forza propulsiva costantemente in crescita come una vera e propria scienza interdisciplinare dell'informazione geografica influenzando principalmente le discipline afferenti alle Scienze della Terra e il settore pubblico amministrativo⁹.

Fin dalla prima apparizione i GIS sono assimilabili ad una tecnologia modulare costituita da pacchetti software per la gestione grafica di dati spaziali e data base alfanumerici, da apparecchiature hardware e operatori specializzati che collaborano attivamente attraverso un sistema di protocolli consentendo l'integrazione tra tutte le cellule del sistema. In altre parole ogni sistema informativo geografico presenta un'ossatura comune costituita dall'integrazione di differenti tecnologie informatiche e *know-how* al fine di gestire, analizzare ed integrare dati geografici di qualsivoglia natura ed i relativi attributi.

3. Principali applicazioni agli studi di geografia storica

Abbiamo visto che tra le discipline che maggiormente hanno contribuito allo sviluppo delle tecnologie descritte, e che ne possono quindi maggiormente beneficiare, vi è la Geografia.

La breve storia dello sviluppo dei sistemi informativi geografici e del Telerilevamento mostra con chiarezza che entrambe le culture tecnologiche nascono oltreoceano e si diffondono in Europa passando prima dai paesi anglosassoni. Gli studi geografici in Italia risentono quindi di un sensibile ritardo nell'applicazione di queste tecnologie. In relazione con la Geografia Storica è però interessante notare che il ritardo è in realtà generalizzato e diffuso a livello mondiale. Uno dei primi volumi sull'argomento di cui abbiamo notizia è stato infatti pubblicato da Knowles della Gorge Washington University nel corso del 2002¹⁰. In Italia negli ultimi anni, soprattutto grazie al contributo di istituti di ricerca afferenti a svariati ambiti disciplinari, le applicazioni alla Geografia Storica di queste tecnologie sono state progressivamente portate all'attenzione della comunità scientifica.

Una spia dell'interesse a livello nazionale, ad esempio verso la georeferenziazione ed analisi della cartografia storica, proviene dalla consultazione dell'indice dell'ultimo convegno delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali ed Ambientali. Mentre nel 1998 si conta un solo contributo

⁷ GOMARASCA 1997.

⁸ TOMLINSON, PETCHENIK 1988.

⁹ A tale proposito basti pensare che software, dati e servizi GIS contano un volume di affari negli USA di circa 2 bilioni di dollari, con una crescita annua del 20%. BIALLO 2002.

¹⁰ KNOWLES 2002.

sull'argomento nel 2002 sono state dedicate quattro sessioni specifiche per un numero complessivo di 24 interventi¹¹.

Da questa prospettiva emerge che le applicazioni GIS e di Telerilevamento alla geografia storica, sebbene stiano ancora attraversando una fase embrionale e di sperimentazione, costituiscono un fenomeno vitale ed in prospettiva in forte crescita. Tra le applicazioni attualmente disponibili lo spazio più rilevante è occupato come abbiamo anticipato dalla "correzione" e dalle successive opportunità di analisi della cartografia storica geometrica. In generale la disponibilità di cartografia digitale, oltre a svincolare lo studioso dal fragile strumento cartaceo, consente di adattare la mappa a sistemi di riferimento attuali e quindi di renderla confrontabile con qualunque altro piano informativo georeferenziato. Gli strumenti di analisi spaziale consentono di superare l'elementare lettura autoptica che deriva dalla sovrapposizione "fisica" di due o più *overlay* informativi mettendo a disposizione del ricercatore numerose soluzioni basate su algoritmi di calcolo statistici¹².

Significative esperienze sono state condotte sia in ambito urbano che rurale dimostrando le potenzialità offerte dall'analisi su basi oggettive e secondo criteri quantitativi e qualitativi di fenomeni di varia natura tra cui, la contrazione o l'espansione di aree urbane¹³, le trasformazioni dell'uso del suolo¹⁴, della viabilità¹⁵, delle reti idrografiche¹⁶, delle canalizzazioni¹⁷ e delle opere di bonifica¹⁸, dell'organizzazione della proprietà¹⁹ e molto altro ancora nelle campagne²⁰.

Negli ultimi anni sono state avviate interessanti esperienze di *warping* (adattamento) di cartografie non geometriche a basi cartografiche contemporanee²¹. Di particolare interesse è lo sviluppo di un software specifico da parte del gruppo di lavoro del Laboratorio di Fotogrammetria dell'Università di Venezia (CRICE) che consente di ridistribuire in modo disomogeneo, in base ai punti di controllo identificati, secondo il principio della *referencing-correspondence* che va a sostituire il principio classico della *referencing-transformation* assegnando ai punti di controllo a terra il massimo peso²².

Sebbene queste esperienze debbano essere confermate su un più ampio campione e non sia quindi il caso di cedere a facili entusiasmi, la prospettiva di poter analizzare in ambiente GIS almeno una parte del cospicuo patrimonio di mappe elaborate con criteri non geometrici del territorio italiano rappresenta, molto probabilmente, una delle prospettive più interessanti per anni a venire.

Ulteriori applicazioni di certo interesse per la geografia storica sono costituite dall'analisi della documentazione fotografica aerea storica e recente.

La prima copertura aerea integrale del territorio italiano risale alla ripresa aerofotogrammetrica realizzata tra il 1952 e il 1954 comunemente indicata con la sigla GAI (Gruppo Aerofotografico Italiano). Riprese parziali sono state effettuate negli anni precedenti; particolarmente note sono le coperture effettuate dall'IGM degli anni '38 e '40 e nel corso della seconda guerra mondiale da parte della RAF²³.

Sebbene relativamente recenti queste fotografie documentano una fase estremamente interessante della storia degli insediamenti e dell'uso del suolo della penisola di poco precedente alle imponenti trasformazioni che sappiamo verificarsi in gran parte del territorio nazionale a partire dagli anni '60.

Rispetto alla cartografia storica l'aspetto più interessante di questa documentazione è l'oggettività e la completezza della fonte fotografica in alternativa della interpretazione/ rappresentazione di natura tematica propria della cartografia.

¹¹ ASITA 1998; ASITA 2002.

¹² In merito all'esperienza sull'argomento dell'Insegnamento di Geografia dell'Università di Siena e per una bibliografia orientativa si rimanda al contributo di Greppi-Campana nel presente volume.

¹³ BAIOCCHI, LELO 2002; MONTI *et al.* ?

¹⁴ GREPPI 2001; PANJEK, BORUSSO 2002; DEGLI ESPOSITI *et al.* 2002; PEARSON, COLLIER 2002.

¹⁵ FERRANTI *et al.* 2001; PICCHIOTTI *et al.* 2002.

¹⁶ SURIAN, RINALDI, *cs.*; LAURETI 2002.

¹⁷ FRANCESCHELLI, MARABINI 2002.

¹⁸ AZZARI *et al.* 2002.

¹⁹ GREPPI 2001.

²⁰ Pensiamo ad esempio all'analisi delle variazioni delle superfici glaciali (D'AGATA *et al.* 2002), a studi regressivi pertinenti a fenomeni franosi (CHELLI, ROSSI 2002), alla fluttuazione dei litorali (GENTILE 2002)

²¹ BALLETTI 2000.

²² GUERRA 2000.

²³ Le riprese citate sono liberamente consultabili presso l'Istituto Geografico Militare (Firenze) e presso gli uffici dell'Aerofototeca Nazionale a Roma (ICCD).

Le maggiori esperienze di studio sui paesaggi storici provengono dalla ricerca geomorfologica e archeologica. Queste sono orientate all'interpretazione di elementi fossilizzati o di tracce ipogee trasmesse dalla crescita irregolare della vegetazione o in alternativa da differenze di umidità. Meno diffuse sono la produzione ad esempio di ortofotopiani di coperture storiche al fine di produrre carte dell'uso del suolo, degli insediamenti o di particolari elementi geomorfologici.

Le maggiori esperienze sono state sviluppate in ambito urbano, si pensi in particolare al valore documentario dell'orto rettifica delle riprese del 1911 della città di Venezia²⁴. Le campagne sono per ora poco interessate sebbene non mancano applicazioni pionieristiche tra cui segnaliamo il progetto promosso dall'Ufficio Cartografico della Provincia di Siena relativo all'ortorettifica e georeferenziazione della copertura GAI di tutta la provincia senese²⁵.

Bibliografia

ASITA (Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali ed Ambientali), Rilevamento, rappresentazione e gestione dei dati territoriali e ambientali, II Conferenza Nazionale ASITA (24-27 novembre 1998, Bolzano), Bolzano 1998.

ASITA (Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali ed Ambientali), *Geomatica per l'ambiente, il territorio e il patrimonio culturale*, VI Conferenza Nazionale ASITA (5-8 novembre 2002, Perugia), Varese 2002.

ASP (America Society of Photogrammetry), *Manual of Remote Sensing*, Falls Church VA 1983.

AVREY T.E., BERLIN G.L., *Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto interpretation*, Macmillan, New York 1992.

AZZARI M., DE SILVA M., PIZIOLO G., *Cartografie del Passato e GIS per l'analisi delle trasformazioni del paesaggio*, in Geostorie, Firenze 2002.

BAIOCCHI, LELO, *Georeferenziazione di cartografie storiche in ambiente GIS e loro verifica mediante rilievi GPS*, Atti del VI Convegno Nazionale ASITA, Varese 2002.

BALLETTI C., *Analytical and quantitative methods for the analysis of the geometrical content of historical cartography*, in "International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing", XXXIII, part B5, Amsterdam 2000.

BIALLO G., *Introduzione ai Sistemi Informativi Geografici*, Roma 2002.

CAMPBELL J., *Introduction to Remote Sensing*, Guilford, New York 1987.

CHELLI A., ROSSI A., *Franosità nella valle di Zeri (Lunigiana, APPANNINO settentrionale): testimonianze del fenomeno attraverso la cartografia storica*, Atti del VI Convegno Nazionale ASITA, Varese 2002.

CRACKNELL A., HAYES L., *Remote Sensing Yearbook*, Taylor & Francis, London 1991.

CURRAN P.J., *Principles of Remote Sensing*, Longman Group, London 1985.

D'AGATA, PELFINI M., DIOLAIUTI G., SMIRAGLIA C., *I GIS come strumento di analisi della cartografia storica per lo studio delle variazioni areali dei ghiacciai alpini. L'esempio del ghiacciaio dei Forni (Apli Centrali)*, Atti del VI Convegno Nazionale ASITA, Varese 2002.

DEGLI ESPOSITI *et al.*, *Cartografia storica e studio delle modifiche del territorio: carte napoleoniche (anno 1814)*, Atti del VI Convegno Nazionale ASITA, Varese 2002.

DRURY S.A., *Image Interpretation in Geology*, Allen & Unwin, London 1990.

FERRANTI G., *Valorizzazione delle informazioni storico cartografiche ai fini dello studio e della conoscenza del territorio*, Atti del V Convegno Nazionale ASITA, Rimini 2001.

FRANCESCHELLI C., MARABINI S., *Acquisizione informatica del rilievo topografico settecentesco per il canale naviglio (Faenza, RA)*, Atti del VI Convegno Nazionale ASITA, Varese 2002.

GENTILE G.M., *La cartografia storica per il modello dei litorali di mar granse, Taranto*, Atti del VI Convegno Nazionale ASITA, Varese 2002.

GOMARASCA M.A., *Introduzione al Telerilevamento e GIS per la Gestione delle Risorse Agricole e Ambientali*, Varese 1997.

GREPPI C., *Dai paesaggi archeologici all'archeologia dei paesaggi*, in *Carta Archeologica della Provincia di Siena*. Murlo, Siena 2001.

²⁴ GUERRA, PILOT 2000.

²⁵ Si veda il sito Internet di Etruria telematica: <http://geoserver.etelnet.it/metadata/>

- GUERRA F., 2W: *New technologies for the georeferenced visualisation of historic cartography*, in “International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing”, XXXIII, part B5, Amsterdam 2000.
- GUERRA F., PILOT L., *Historic photoplanes*, Atti del in “International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing”, XXXIII, part B5, Amsterdam 2000.
- HORD R.M., *Remote Sensing: Methods and Applications*, Wiley, New York 1986.
- JENSEN J. R., *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Saddle River, Prentice-Hall 1996.
- KNOWLES A.K. (a cura di), *Past time, past place. GIS for history*, ESRI Press, Redlands 2002.
- LAURETI L., *Un esempio di utilizzo della cartografia storica: modificazioni territoriali e ambientali nel bacino idrografico ticinese nel corso degli ultimi 200 anni*, Atti del VI Convegno Nazionale ASITA, Varese 2002.
- LILLESAND T. M., KIEFER R. W., *Remote sensing and image interpretation*, New York, Wiley 1994.
- MANTOVANI F., MARCOLONGO B., *Fotogeologia. Il Telerilevamento nelle Scienze della Terra*, Roma, 1992.
- MATHER P. M., *Computer processing of remotely-sensed images. An introduction*, Chichester, Wiley 1999.
- MONTI *et al.*, Experimentation of a georeferencing methodology for the Cultural Heritage of Lombardia (Italy), in “Close range imaging, long range vision”, Volume XXXIV, Atti del meeting ISPRS, Corfu, 2002.
- PANJEK A., BORRUSO G., *Carte storiche tematiche georiferite per la storia del territorio*, Atti del VI Convegno Nazionale ASITA, Varese 2002.
- PEARSON A.W., COLLIER P., *Agricultural history with GIS*, in *Past time, past place. GIS for history*, a cura di A.K. Knowles, ESRI Press, Redlands 2002.
- PICCHIOTTI A., GRIGNETTI A., SALVATORI R., *Cartografia storica per lo studio dell'evoluzione dei caratteri fisici ed antropici del territorio rurale*, Atti del VI Convegno Nazionale ASITA, Varese 2002.
- REES G., *The Remote Sensing Data Book*, Cambridge University Press 1999.
- SABINS F.F., *Principles and Interpretation of Remote Sensing*, New York, Freeman 1996.
- SURIAN N., RINALDI M., *Morphological response to river engineering and management in alluvial channel in Italy*, “Geomorphology”, cs.
- TOMLINSON R., PETCHENIK B. (a cura di), *Reflections on a Revolution: The Transition from Analogue to Digital Representations of Space, 1958-1988*, in “The American Cartographer”, 15 (3 special issue), 1988.