

PROCEDURA PER IL RICONOSCIMENTO DI COLTURE AGRICOLE MEDIANTE DATI SATELLITARI ASTER

Maurizio BARBARELLA, Michaela DE GIGLIO

DISTART, Università di Bologna, Viale Risorgimento, 2 – 40136 Bologna,
(maurizio.barbarella, michaela.degiglio)@mail.ing.unibo.it

Riassunto

I dati forniti dai sensori satellitari multispettrali supportano da tempo le indagini in diverse discipline scientifiche, in particolare di tipo ambientale, consentendo di estrarre un gran numero di informazioni da tutte le bande disponibili: l'uso del suolo è uno degli ambiti nel quale l'applicabilità e il perfezionamento delle metodologie sono sempre più fortemente richiesti dal mercato.

Lo scopo del lavoro consiste nella realizzazione di una procedura semplice ed affidabile, basata sulle tradizionali tecniche di classificazione supervisionata, finalizzata all'identificazione delle colture presenti sul territorio: tale strumento può avere un'utile ricaduta per le Associazioni e le Amministrazioni coinvolte nei temi della produzione agricola e della gestione degli incentivi economici, nazionali e comunitari, destinati ai produttori. Tuttavia, il riconoscimento delle coltivazioni tramite dati telerilevati non costituisce un obiettivo facilmente raggiungibile. Infatti, anche se i risultati dimostrano come sia possibile individuare una coltura con un buon grado di attendibilità, è altrettanto vero che sono numerose le variabili in gioco. Tutte queste devono essere considerate per raggiungere un risultato efficace a servizio dell'utente finale.

Abstract

Data provided from multispectral satellite sensors are nowadays widely used in environmental monitoring studies, enabling the extraction of several information through the available bands. In particular, the land use is one of the most relevant application requested from the final users (i.e. Agencies involved in agricultural markets) and the availability of a reliable methodology has to be adopted urgently.

The topic of this paper is the planning of an easier and reliable procedure, based on conventional techniques of supervised classification, for the recognizing and monitoring of the agricultural land use. Several local agency and private companies, that are managing national or European economic growing resource, are attracted by this procedure.

Nevertheless, the grow identification through remote sensed images isn't simple because of the dependencies from several variables that have to be considered to attain the final aim.

Fasi della metodologia applicata

La metodologia messa a punto per il riconoscimento delle colture richiede una preliminare e attenta conoscenza dell'area osservata: la sperimentazione descritta ha interessato una parte della fascia costiera emiliano-romagnola, estesa dal Delta del Po al confine meridionale della provincia di Ravenna, caratterizzata da un'elevata variabilità comprendente elementi naturali altamente sensibili ed aree ad intenso sfruttamento agricolo. Il territorio risulta infatti suddiviso, come in molte altre zone d'Italia, in numerosi appezzamenti, di dimensioni variabili e coltivati con colture differenti, sia arboree che erbacee.

L'agenzia di riferimento che ha supportato l'attività di ricerca, fornendo un prezioso contributo in termini di dati forniti e di consulenza tecnica, è stata l'Unione Agricoltori di Ravenna: le aspettative

dell'Associazione, responsabile della gestione delle domande redatte dagli agricoltori per accedere agli incentivi previsti dalla PAC (oggi Domanda di Premio Unica), sono rivolte alla realizzazione di una procedura veloce, economica e valutabile con metodi statistici, per la classificazione delle coltivazioni, alla quale ricorrere in caso di contestazioni durante il processo di controllo delle dichiarazioni effettuate dai titolari delle aziende.

Gli aspetti fondamentali delle varie fasi affrontate, riepilogate nello schema a blocchi di Figura 1.1, sono di seguito riportate con particolare attenzione per le problematiche emerse.

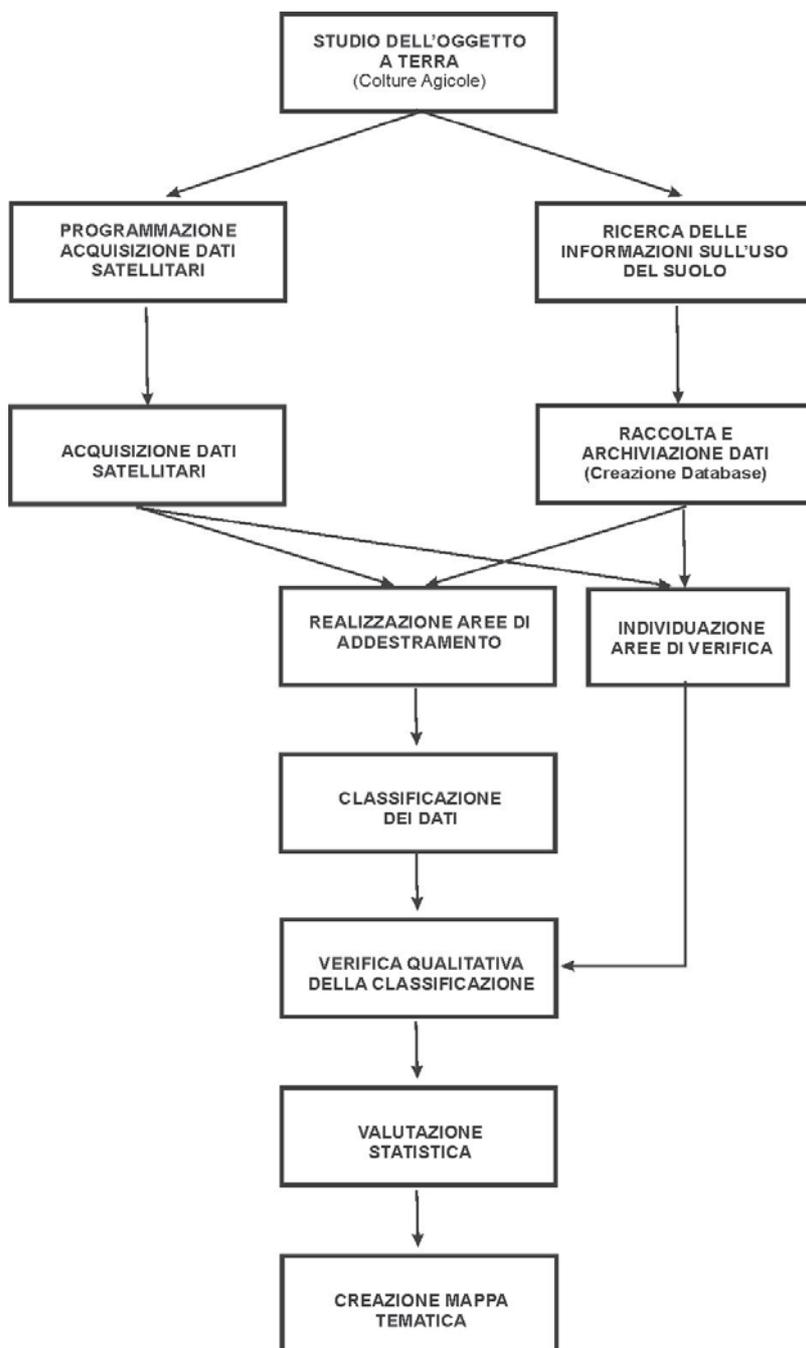


Figura 1- Flow-Chart della procedura

✓ Studio dell'oggetto a terra

Il primo passo prevede uno studio approfondito sul fenomeno monitorato, le colture agricole, volto all'individuazione del periodo di acquisizione migliore per estrarre il maggior numero di

informazioni dall'immagine multispettrale. La conoscenza iniziale richiesta non si limita ai tipi di coltivazioni presenti e alla loro localizzazione sul terreno, fase comunque molto delicata, ma comprende anche i singoli cicli di maturazione, le modalità di coltivazione, ecc. L'insieme di tutte queste indicazioni risulta fondamentale per la discriminazione delle firme spettrali dei singoli oggetti, che dipendono da diversi fattori, quali il tipo di pigmenti, la struttura della foglia, il contenuto d'acqua, lo stato fenologico, lo stato di salute delle piante e la presenza di malattie o di stress (Gomasca, 1997).

✓ Ricerca delle informazioni sull'uso del suolo

E' necessario capire quali sono le fonti utilizzabili per ricostruire la situazione a terra dalle quali estrarre i campioni e verificarne la disponibilità. Trattandosi di realtà soggette ad una grande variabilità stagionale, la raccolta dei dati relativi alle coltivazioni può risultare molto articolata, sia per la tipologia che per il numero di informazioni coinvolte. In particolare, non esiste un archivio ufficiale, obbligatorio e di libero accesso, nel quale siano registrate le colture erbacee, con riferimenti dettagliati circa la loro collocazione, l'estensione e la produzione. Si può però ricorrere ad associazioni private che tutelano gli interessi degli agricoltori per la consultazione, previa autorizzazione, della documentazione riguardante le aziende agricole iscritte (es. ex PAC).

Le cartografie ufficiali invece, se esistenti e delle quali deve essere sempre controllato lo stato di aggiornamento, sono reperibili presso gli enti che le producono: nel caso esame sono state esaminate la Carta della Vegetazione (Provincia di Ravenna) e la Carta dell'Uso del Suolo (SIT, Comune di Ravenna) a scala 1:25000 rappresentate in falso UTM (indicato con UTM*, nel quale viene omessa la prima cifra della coordinata Nord), le mappe catastali (Agenzia del Territorio, Ufficio Provinciale di Ravenna, Direzione e Servizi catastali), il GIS dell'Agrea (in coordinate Gauss-Boaga). Nel caso in cui il lavoro sia svolto all'esterno di una associazione l'ostacolo maggiore è rappresentato dalla presa visione dei documenti privati degli agricoltori, per la quale deve essere previsto un accordo con l'ente responsabile.

✓ Programmazione e acquisizione dei dati satellitari

Parallelamente alla ricerca dei dati sull'uso del suolo, deve essere identificato il momento ottimale per la ripresa dell'immagine satellitare, per assicurarne la contemporaneità con la realtà a terra: lo sfasamento dei cicli di vita delle diverse specie però dimostra che non è univoco l'istante in cui il fenomeno è più evidente. Di conseguenza bisogna sottoporre agli algoritmi di classificazione dati acquisiti in tempi successivi, diversificando per ognuno le colture che si possono riconoscere, perché effettivamente presenti sul terreno. La risposta spettrale più rappresentativa, infatti, per ciascuna tipologia di pianta si ottiene in periodi diversi, a seconda dello stato fenologico e di tutti quei fattori che ne influenzano il comportamento.

La programmazione dell'acquisizione risulta il metodo più indicato per soddisfare la simultaneità tra l'immagine e le informazioni relative alle colture sul suolo. Allo stesso tempo però, dovendola prevedere con largo anticipo rispetto al periodo di interesse, si scontra generalmente con una serie di problemi pratici legati sia alla priorità che viene assegnata all'ordine all'interno di un certo numero di richieste provenienti da tutto il mondo, sia agli imprevisti che si possono verificare, primo fra tutti le sfavorevoli condizioni atmosferiche. Nell'eventualità che l'acquisizione non rispetti le condizioni iniziali è possibile ricorrere ad immagini di archivio, scaricabili direttamente dai siti interessati.

✓ Raccolta, omogeneizzazione e archiviazione dei dati

In genere i vari documenti, digitali e cartacei, vengono realizzati da soggetti differenti, anche in formati tra loro non compatibili. La fase successiva prevista è la georeferenziazione dei raster e dei vettoriali raccolti in un unico sistema di riferimento, in modo da rendere agevole la sovrapposizione dei diversi strati. Il loro reale utilizzo integrato però necessita di un'organizzazione in un database geografico, nel quale archiviare anche tutte le informazioni associate ai dati, in questo caso agli

appezzamenti di terreno (posizione, destinazione d'uso annuale o stagionale, dimensione, ecc.), facilmente aggiornabile. Devono quindi essere previste una serie di tabelle degli attributi con l'obiettivo di rendere agevole, ma anche il più automatico possibile, la fase di individuazione delle aree di addestramento e di verifica necessarie per l'applicazione degli algoritmi di classificazione (Barbarella et al., 2007).

✓ Realizzazione aree di addestramento e di verifica

La prima vera fase operativa della classificazione è data dalla determinazione dei *training sites*, non realizzabile comunque senza gli stadi precedenti. L'insieme delle informazioni disponibili è alla base anche dell'individuazione delle aree di verifica: infatti nella valutazione generale delle classi presenti nella zona esaminata, bisogna garantire lo stesso numero di coperture, attraverso campioni differenti, sia per l'addestramento del software sia per il controllo finale dei risultati. Durante l'esecuzione di questa delicata operazione, la consulenza di un agronomo diventa molto utile ai fini di un tracciamento corretto dei campioni, perché basato non solo sulle dichiarazioni degli agricoltori ma soprattutto sulla conoscenza delle numerose caratteristiche delle singole coltivazioni (Figura 2). L'efficacia di ogni campione verrebbe così direttamente valutata in funzione dei fattori in grado di influenzare la risposta spettrale dell'oggetto che contiene.

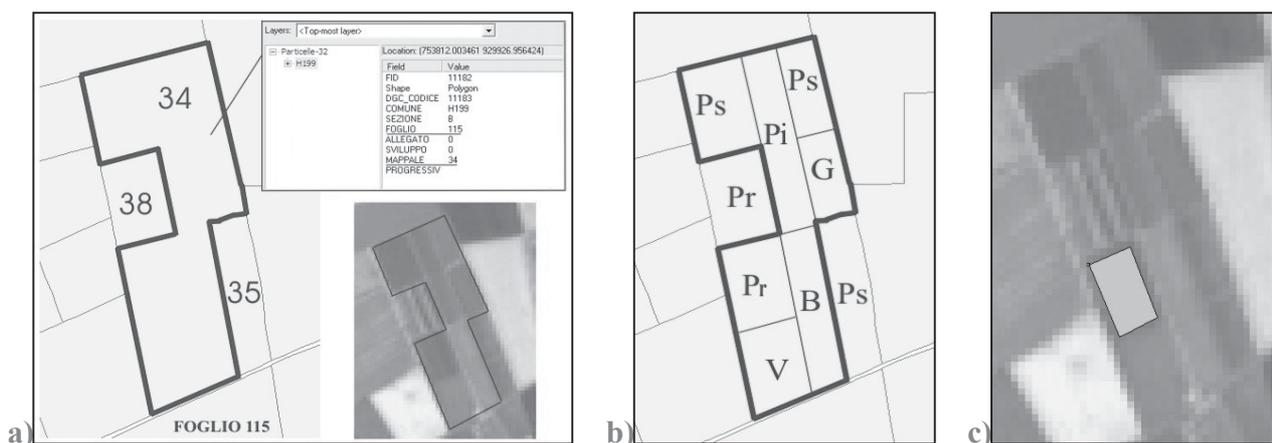


Figura 2 - Le informazioni provenienti dalle dichiarazioni PAC sono relative alle singole particelle catastali, nelle quali spesso sono presenti più colture (a). La suddivisione interna dettagliata (b), fornita dai tecnici dell'azienda esaminata, consente il tracciamento dei training site (c).

✓ Classificazione dei dati

Le immagini multispettrali si possono elaborare sia mediante classificazione per *pixel* che classificazione *object-oriented*. Il primo metodo si basa sull'acquisizione di un certo numero di *pixel* (*training*) per ciascuna classe del sistema di nomenclatura adottato, in modo da creare una firma spettrale per ogni categoria considerata: al *pixel* incognito viene attribuita la classe con firma spettrale più simile. Da precedenti esperienze l'algoritmo della *Massima Verosimiglianza* è risultato il più attendibile tra le tecniche supervised. In quella ad oggetti invece sono disponibili informazioni relative alla posizione, alla geometria, alla forma e ai valori spettrali, associabili a poligoni vettoriali, ottenuti da una segmentazione eseguita a priori. Per la successiva fase di classificazione possono essere applicati gli stessi algoritmi degli approcci *pixel-oriented* (Brivio et al., 2006).

La scelta tra le due tecniche deve essere effettuata prendendo in considerazione le risorse a disposizione per sostenere i costi relativi al software e all'addestramento del personale.

✓ Verifica qualitativa della classificazione

Di ogni classificazione deve essere effettuato il confronto con il vettoriale dei campioni a terra.

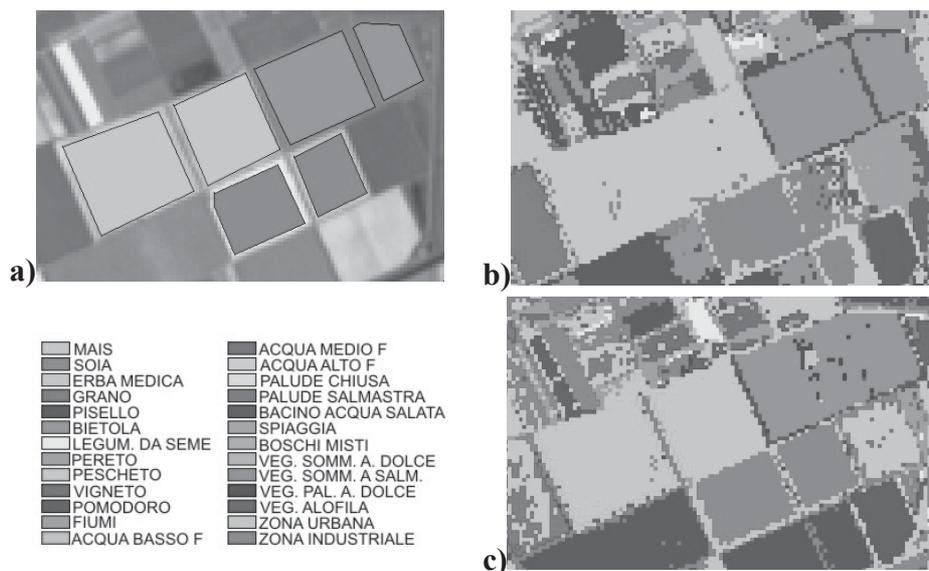


Figura 3 - Esempio di classificazione per pixel di immagini acquisite in periodi diversi. I campioni a terra (a) delle colture di mais, bietola sono riconosciuti quasi totalmente nel dato del 26/05/05 (b), mentre quello della soia è facilmente discriminato nel dato del 29/07/05 (c) quando la coltura è nel pieno della maturità.

✓ Valutazione statistica

I risultati della classificazione devono poi essere sottoposti ad una valutazione statistica che permetta di valutarne l'affidabilità. All'interno della procedura generale questo passaggio si traduce nel calcolo della matrice di confusione, ottenuta dal confronto pixel a pixel della classificazione rispetto alla mappa di riferimento delle verità a terra. Oltre a rispondere alle esigenze di definizione della frequenza e della natura dell'errore, ha lo scopo di chiarire quali classi non sono attribuite correttamente. Dalla matrice di errore si possono ricavare una serie di misure di accuratezza: l'accuratezza globale (probabilità che un pixel estratto a caso sia classificato correttamente nell'immagine classificata), l'accuratezza utente (probabilità che un pixel scelto a caso tra quelli appartenenti alla classe *i* nella classificazione, appartenga alla classe *i* nei dati di riferimento) con l'errore di commissione associato, l'accuratezza produttore (probabilità che i pixel del riferimento siano classificati correttamente) con l'errore di omissione associato e infine l'indice K, che tiene conto dell'assegnazione casuale dei pixel nella classificazione (Bishop et al, 1975). Questi parametri si possono calcolare tramite gli stessi software di classificazione o con altri creati ad hoc.

✓ Creazione mappa tematica

Il prodotto finale del protocollo impostato si può concretizzare con la stampa di una mappa aggiornata delle coperture agricole sul suolo: devono essere comunque applicate delle tecniche di post-elaborazione (ad esempio filtri per eliminare pixel isolati, filtri per uniformare i confini degli appezzamenti, ecc.) per rendere il risultato maggiormente leggibile dal punto di vista qualitativo.

Osservazioni sulla sperimentazione effettuata

La sperimentazione si è basata sull'utilizzo di immagini multispettrali Aster, caratterizzate da un buon compromesso tra le risoluzioni geometrica e spettrale: le 14 bande attraverso le quali il sensore acquisisce i suoi dati, comprese tra il visibile e l'infrarosso termico, si sono rivelate infatti molto utili soprattutto per le dimensioni del pixel rispettivamente di 15, 30 e 90 m, previste dai tre sottosistemi che lo compongono. L'archivio disponibile dei dati ASTER, comprendente 10 immagini (Level 1B) acquisite tra il settembre del 2000 e il giugno del 2006, ha permesso lo studio sia dell'evoluzione della firma spettrale delle singole colture nei diversi mesi dell'anno, sia della variazione della risposta spettrale di una coltura, ripresa nello stesso periodo di maturazione ma in anni diversi: per comprendere le cause è stato necessario conoscere la storia dell'appezzamento, nella quale un ruolo fondamentale è svolto in genere dalle condizioni climatiche e dalle condizioni del terreno. Si ricorda che, come suggerito in letteratura e verificato in altri lavori (De Giglio, 2008), le immagini satellitari, a differenza degli altri dati in gioco, non devono essere

preventivamente georeferenziate: l'operazione, che richiederebbe necessariamente una fase di ricampionamento geometrico e radiometrico (anche se conservativi), può compromettere l'efficacia degli algoritmi di classificazione. In relazione a questi ultimi, si è voluto testare sui dati sia la tecnica per *pixel* sia quella *object-oriented* per stabilire se l'una sia preferibile all'altra, sia in termini di accuratezza che di costi e tempi: nella maggior parte delle elaborazioni effettuate, il confronto tra le due metodologie non ha rivelato molte differenze nel riconoscimento delle singole colture (De Giglio, 2008), ma si precisa che da un punto di vista operativo la classificazione per *pixel* richiede una procedura più veloce, non prevedendo la fase di segmentazione.

I software utilizzati sono di tipo commerciale e da diverso tempo presenti sul mercato. Per la *classificazione per pixel* è stato impiegato IDRISI 32, realizzato da Clark University (Worcester, Massachusetts - USA), mentre per la *object-oriented* si è ricorsi al software per eccellenza in questo ambito, ovvero eCognition, creato da Definiens Imaging GmbH (München, Germany). In previsione di un utilizzo pubblico della metodologia sperimentata in questo lavoro per il monitoraggio delle colture agricole, lo scopo ultimo da raggiungere è la possibilità di sostituire tali software con delle valide versioni gratuite, ad esempio Multispec (School of Electrical and Computer Engineering, Purdue University, Indiana – USA) o Spring 4.0 (Istituto Nacional de Pesquisas Espaciais, San José dos Campos, Brazil).

Considerazioni finali

Data l'esigenza di creare una procedura che possa essere utilizzata anche da utenti non altamente specializzati occorre che questa sia il più possibile semplificata, ovviamente nel rispetto dei limiti relativi al successo dell'analisi. Si aggiungono poi aspetti relativi alle diverse professionalità che vengono coinvolte: la doppia veste dell'"agronomo-ingegnere", in grado di manipolare dati satellitari ed interpretare correttamente le informazioni fornite dall'analisi, in relazione all'uso effettivo del suolo, non trova ancora oggi una risposta adeguata nei vari profili professionali delle offerte formative esistenti. Deve essere quindi previsto un periodo di affiancamento al personale che, all'interno della Società o Ente interessato, dovrebbe svolgere questo lavoro, con operatori più esperti, principalmente per la parte relativa al trattamento dei dati satellitari e alla conoscenza dei software. Inoltre, considerando che nella valutazione statistica sono richieste determinate conoscenze nel trattamento di variabili, è necessaria un'adeguata preparazione in materia, che permetta al tecnico dell'azienda di giudicare la validità di una classificazione all'interno delle contese nelle quali potrà essere chiamato in causa. D'altra parte, il destinatario di questo periodo di training, potrebbe essere già in possesso, probabilmente, di un bagaglio culturale di tipo agronomo-forestale.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Unione Agricoltori di Ravenna (Dr. D Verlicchi) per l'accesso alle dichiarazioni PAC.

Bibliografia

- Barbarella M., De Giglio M., Zanni M. (2007), "Integration of satellite images for the creation of a GIS for the growing data management", 32nd ISRSE 2007: Sustainable Development Through Global Earth Observations, San José Costa Rica, 25-29 giugno 2007.
- Bishop Y.M.M., Fienberg S.E., Holland P.W. (1975), "Discrete Multivariate Analysis, Theory and Practice", The MIT press, 555 pp.
- Brivio P.A., Lechi G., Zilioli E. (2006), "Principi e metodi di Telerilevamento", CittàStudi Edizioni, Torino.
- De Giglio M., (2008) "Monitoraggio di colture agricole mediante dati satellitari ASTER: problematiche e applicazioni", Tesi di Dottorato in Scienze Geodetiche e Topografiche, Università di Bologna.
- Gomasca M.A. (1997), "Introduzione a telerilevamento e GIS per la gestione delle risorse agricole e ambientali", Edizioni AIT, Firenze.