

Individuazione di tecniche innovative per il monitoraggio del “Mal dell’inchostro” del castagno su scala comprensoriale

Andrea VANNINI (*), Annamaria VETTRAINO (*), Alessandro MONTAGHI (*), Alfredo FABI (*), Claudio BELLI (**)

(* Università della Tuscia, Dipartimento di Protezione delle Piante (DiProP), Facoltà di Agraria, via San Camillo de Lellis, 01100 Viterbo (VT), tel. 0761 357449, e-mail vannini@unitus.it

(**) Terrasystems s.r.l., via A. Rosmini n. 1, 01100 Viterbo (VT), 0761 303351, e-mail info@terrasystem.it

Riassunto

Scopo della ricerca è quello di sviluppare nuove tecnologie per il monitoraggio delle fitopatie in ambiente forestale, attraverso di metodologie di telerilevamento integrate ai sistemi informativi territoriali. In questo lavoro è stato studiato l’impiego di immagini multispettrali ad alta risoluzione radiometrica e geometrica, ottenute tramite un sensore digitale aviotrasportato denominato A.SP.I.S. (*Advanced Spectroscopic Imaging System*), per lo mappatura su ampie superfici castanicole di aree affette da “Mal dell’inchostro” del castagno. I risultati ottenuti sono carte tematiche relative alla diffusione del patogeno nel comprensorio del Cicolano (Rieti), che hanno permesso di stimare con estrema precisione l’estensione della malattia e la sua distribuzione lungo una superficie di oltre 800 ha. I dati ottenuti attraverso l’impiego della tecnica di telerilevamento sono stati interpolati con ulteriori starti informativi appositamente creati per implementare il G.I.S., evidenziando correlazioni tra la localizzazione delle piante malate e i parametri ambientali studiati.

Abstact

Aim of the research is to develop novel technologies to monitor forest diseases using remote sensing integrated to Geographic Informative Systems. The present paper report the use of high resolution multispectral images, recorded with the digital sensor A.SP.I.S. (*Advanced Spectroscopic Imaging System*), to map the chestnut areas affected by Ink disease in the Province of Rieti in the Cicolano area. The outcome results are temathic maps that could estimate with high accuracy the distribution of the disease over a chestnut area of about 800 hectares. These maps have been interpolated with additional informative layers in order to evidence possible association between disease distribution and environmental parameters.

Introduzione

Il telerilevamento è una tecnica di rilievo a distanza impiegata per lo studio delle risorse ambientali e per il monitoraggio dei processi naturali. Utilizzando dati spettrali, uniti a tecnologia G.I.S. (*Geographic Information System*) e G.P.S., è possibile studiare i boschi e monitorare tutte le componenti che agiscono su di essi, come ad esempio organismi patogeni.

Il castagno europeo (*Castanea sativa* Mill.) rappresenta una delle essenze più caratterizzanti i paesaggi delle aree montane e pedemontane della dorsale appenninica, dei rilievi pre-appenninici e pre-alpini del nostro paese. Con i suoi 580.000 ha complessivi di superficie occupata (Fonti ISTAT), il castagno è tra le latifoglie arboree maggiormente presenti in Italia, svolgendo sia una funzione di regolazione delle acque sia di tipo economico, per la produzione del frutto e del legname.

Nel corso degli ultimi 100 anni il castagno europeo è stato colpito da gravissime avversità di ordine entomologico e fitopatologico che ne hanno messo a rischio, se non l’esistenza come specie, sicuramente la coltivazione e l’areale di distribuzione in Europa e in Italia. Tra queste avversità il

“Mal dell’Inchiostro” del castagno, causato da organismi filamentosi del genere *Phytophthora*, rappresenta oggi la più grave fitopatia per questa specie forestale. Tale patogeno colpisce indiscriminatamente piante di ogni età sia in vivaio, sia in frutteti e boschi da legno, causando la morte dei castagni adulti nell’arco di un periodo compreso generalmente tra 1 e 3 anni e le piante giovani in una sola stagione vegetativa. Diversamente da quanto avviene a seguito degli attacchi di altri patogeni, le piante di castagno uccise dal mal dell’inchostro esauriscono completamente la capacità pollonifera a causa della morte dell’intero apparato radicale.

Dal punto di vista sintomatologico, i sintomi si possono osservare facilmente durante la stagione vegetativa sulla parte epigea delle piante malate, e consistono in un iniziale languore di settori o dell’intera chioma che mostra microfillia e viraggio del colore delle foglie a verde pallido con seguente rarefazione accentuata e ingiallimento del fogliame. In estate, il forte contrasto tra la chioma, folta e verde carico, delle piante sane e la chioma rarefatta e pallida di quelle malate, rende agevole l’individuazione di queste ultime sia in boschi cedui che in fustaie e frutteti. Contemporaneamente alla fase di rarefazione ed ingiallimento del fogliame, decorticando al colletto la pianta, si possono notare aree necrotiche di colore marrone scuro fino a nero a contorno definito, di forma di triangolo con vertice rivolto verso l’alto; inoltre, a livello delle grosse radici si notano aree irregolari di tessuto morto di colore scuro, quasi nero, con presenza di un essudato color blu-inchiostro che macchia il terreno a contatto con le radici (Figura 1).



Figura 1 – Ceduo di castagno con piante affette da mal dell’inchostro (a sinistra), che presentano la tipica “fiammata” alla base del fusto (a destra)

La malattia risulta molto legata alle attività antropiche e si diffonde agevolmente attraverso lo scorrimento superficiale delle acque, seguendo le linee di massima pendenza o i tracciati delle strade rurali, forestali ma anche strade provinciali che attraversano comprensori castanicoli (Anselmi et.al., 1999; Natili, 2004).

Negli ultimi anni il “Mal dell’Inchiostro” ha subito una forte recrudescenza in Italia e in Europa (Anselmi et.al., 1999, Anselmi et.al., 1996; Vettrai et al., 2004; Vettrai et al., 2001; Vannini, Vettrai, 2001) e attualmente sta minacciando numerose aree castanicole della penisola causando gravissimi danni, rappresentando la più pericolosa e dannosa fitopatia sul castagno in Italia. Per tale motivo lo sviluppo di tecnologie di monitoraggio, in sinergia con i tradizionali rilievi fitopatologici di campagna, risultano indispensabili per il controllo di vaste aree spesso difficilmente percorribili a causa dell’accidentalità dei territori montani (Figura 2).



Figura 2 - versante di un castagneto in località Marcellini (RI), fortemente attaccato dal “Mal dell’inchostro” del castagno.

Materiali e metodi

La ricerca è stata condotta nei comprensori castanicoli della provincia di Rieti, nei comuni di Marcellino e Pescorocchiano, avvalendosi come base informativa di partenza di immagini aeree multispettrali ottenute tramite un sensore digitale aviotrasportato, sviluppato dal dipartimento DISAFRI dell'Università degli Studi della Tuscia, in collaborazione con la società Terrasystem s.r.l. ed altri enti di ricerca pubblica e privata. Tale sistema, denominato A.SP.I.S (*Advanced Spectroscopic Imaging System*), permette l'acquisizione e la ripresa di immagini spettrali ad elevata risoluzione radiometrica e geometrica. Il sistema si compone di: 4 camere CCD-digitali, 768x512 *pixel*, raffreddate con cella *Peltier* e con risoluzione radiometrica a 14 bit (16384 toni di grigio) per l'acquisizione di immagini spettroscopiche nel range del visibile-vicino infrarosso (400 – 1000 nm). Le camere sono dotate di obiettivi dedicati, 12 mm f/2, e di ruote portafiltri elettromeccaniche a 8 posizioni per la selezione dei filtri interferenziali; una scatola *multiplexer*; un G.P.S.; un computer su cui vengono salvate le quattro immagini acquisite contemporaneamente dal sistema; una telecamera commerciale a colori e batteria tampone sigillata a 12V a supporto di temporanee interruzioni o insufficienze dell'alimentazione fornita dall'aereo (Papale et al., 2001). Durante l'uso, il sistema è alloggiato su di un aereo modello SKY ARROW 650 TC, costruito dalle Iniziative Industriali Italiane. I voli di acquisizione delle immagini sono stati svolti tra il 16 e 17 Settembre 2003 ad una altezza di 1500 m sul livello del mare con una risoluzione a terra di 1 metro. Le immagini ottenute, in formato GeoTIF, sono state elaborate in falsi colori e con risoluzione spaziale di 1 m e radiometrica di 16 bit. Per facilitare il monitoraggio tali immagini sono state mosaiccate in 6 strisciate che rappresentano complessivamente una porzione di territorio superiore agli 800 ha. Contemporaneamente all'acquisizione delle immagini è stato condotto un monitoraggio a terra sulle piante di castagno affette dal "Mal dell'inchiostro" distribuite sul territorio oggetto delle immagini spettrali. Le singole piante malate sono state classificate utilizzando una scala visuale di malattia e georeferenziate singolarmente, con precisione submetrica, attraverso un G.P.S. modello GS20 della *Leica Geosystems S.p.A.* In seguito al rilevamento delle piante malate, i dati di posizionamento sono stati sottoposti a correzione differenziale, attraverso il software GIS DataPRO, confrontandoli con quelli della stazione permanente della Facoltà di Ingegneria, dell'Università degli Studi dell'Aquila. Lo strato informativo puntuale ottenuto, in formato *shapefile*, è stato sovrapposto, tramite il programma *Arcview GIS ver. 3.2* della *ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, California, USA)* sulle immagini a falsi colori al fine di valutare visivamente la risposta spettrale delle piante malate. Questa fase è servita a comprendere la risposta spettrale delle piante malate, necessaria per l'individuazione di nuove aree colpite. A causa della sintomatologia tipica della patologia le piante malate appaiono con aspetto "sfumato" (Figura 3).

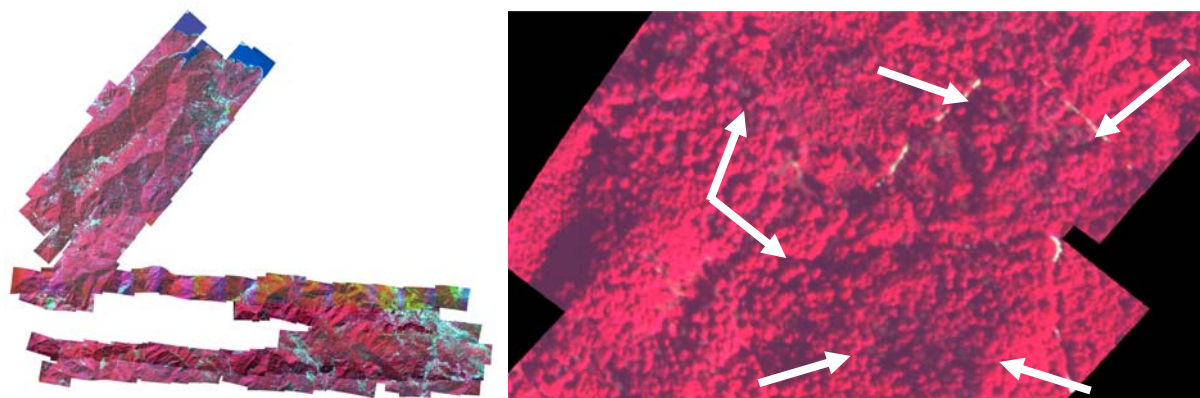


Figura 3 – mosaico delle 6 strisciate ottenute dal sensore aviotrasportato ASPIS, che rappresentano una porzione di territorio di oltre 800 ha della provincia di Rieti (a sinistra), tramite le quali si sono individuate le aree con presenza della malattia, dove le piante si presentano con un aspetto "sfumato", dovuto alla tipica sintomatologia del mal dell'inchiostro (a destra).

All'interno dell'area è stata creata una griglia di controllo a maglie regolari di 100 m, tramite l'estensione di *Arcview ET VectorGRID (ver. 2.0)*, al fine di guidare il monitoraggio lungo tutta la superficie, eseguito a una scala di 1:2500 m. Le aree potenziali della malattia, ovvero quelle che presentavano risposta spettrale simile alle aree di verifica, sono state controllate con un nuovo monitoraggio a terra al fine di verificare l'esattezza della correlazione esistente tra la risposta spettrale delle piante e il loro grado di deperimento. Dalla conferma del secondo rilievo a terra, si è proceduto a completare la mappa delle superfici di castagno affette dalla malattia (Figura 4).

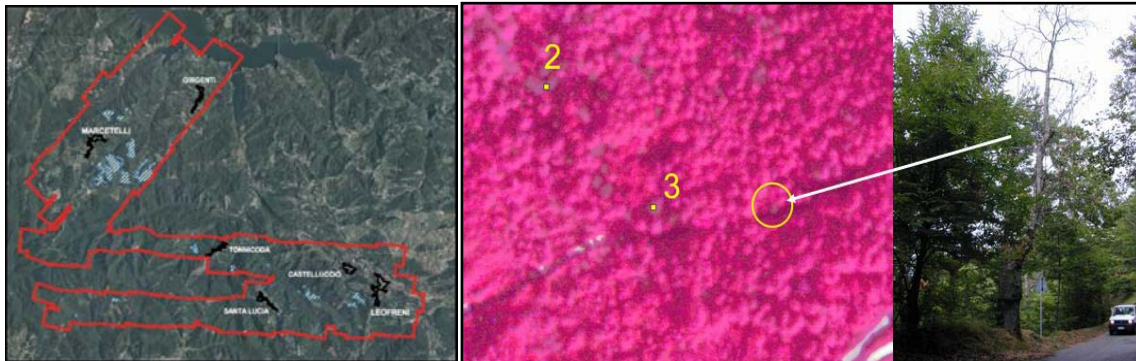


Figura 4 – distribuzione delle superfici di infezione all'interno dell'area di studio su ortofoto IT2000 (a sinistra), ottenuta tramite il monitoraggio delle immagini a falsi colori ottenute dal sensore aviotrasportato A.SP I S., attraverso il quale è stato possibile evidenziare il comportamento spettrale sia di gruppi di alberi affetti dalla malattia sia di singole piante (a destra).

Questo strato informativo è stato sovrapposto a strati informativi appositamente creati per implementare il GIS, al fine di evidenziare le correlazioni esistenti fra la localizzazione delle piante malate e i parametri ambientali. Attraverso la poligonazione degli elementi territoriali visibili sulle immagini a falsi colori, secondo la metodologia del *Corine Land Cover*, si è ottenuto l'uso e classificazione del suolo, con un controllo finale a terra, specialmente per le zone forestali a castagno. Da questo strato informativo si è estrapolata la superficie dei castagneti all'interno dell'area di studio, al fine di calcolare l'incidenza delle aree malate sul totale della superficie castanicola. Dalla digitalizzazione delle linee di confluente e della rete viaria riportate sulle tavolette 1:10.000 delle Carte Tecniche Regionali della regione Lazio (CTR), si sono ottenuti i corrispondenti strati informativi. Gli strati informativi, della viabilità e dei confluenti, sono stati uniti insieme a quello della distribuzione della malattia con un processo di fusione tramite le operazioni di *Geoprocessing*. In questo maniera si sono determinate sia il numero di strade e confluenti che attraversano le aree sia le loro lunghezze all'interno di queste (Figura 5).

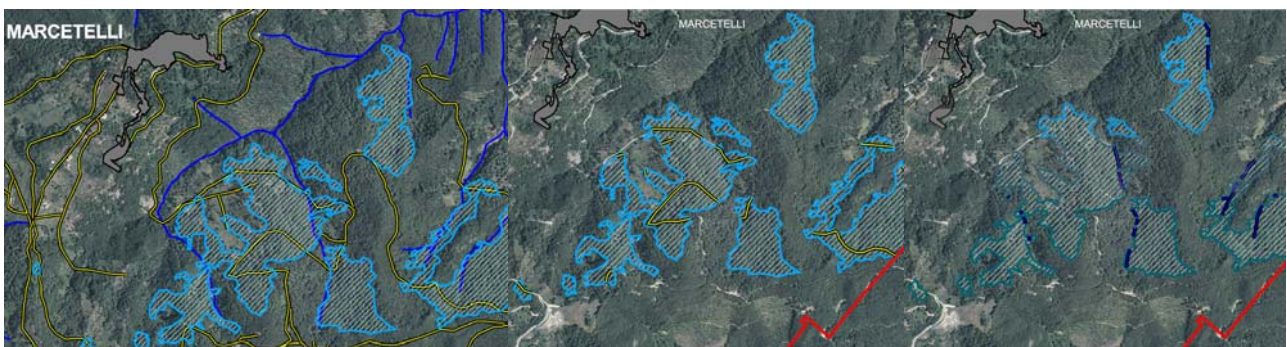


Figura 5 - esempio di una zona prossima a Marcetelli (a sinistra) in cui si osserva l'alta presenza di strade e confluenti passanti all'interno delle superfici malate; l'interpolazione delle strade (centrale) e dei confluenti (a destra), che attraversano le aree con presenza della fitopatia, ha permesso di mettere in evidenza le correlazioni esistenti fra la localizzazione delle piante malate e la presenza di vie della diffusione del patogeno.

Partendo da un DEM (*Digital Earth Model*) di tipo *Raster* della zona, di 20 m di lato, si sono generati attraverso specifiche funzioni di analisi tridimensionale, dell'estensione *Spatial Analyst ver. 2.0* di *Arcview 3.2*, i parametri di esposizione, altitudine e pendenza, che sono stati interpolati con la distribuzione del castagno e delle superfici malate.

Risultati e discussione

Dalla banca dati ottenuta nell'area di studio, interpolando in ambiente GIS i vari livelli informativi, è stato possibile ricavare informazioni sulla distribuzione della malattia in considerazione dei diversi parametri. Il Mal dell'inchiostro è risultato diffuso su una superficie totale di ha 57,9 che corrisponde a circa il 7,5% dell'area castanicola monitorata, con una distribuzione non omogenea sul territorio. La sovrapposizione degli strati informativi alla diffusione della malattia ha messo in evidenza delle relazioni tra la presenza delle piante malate e le caratteristiche stazionali. Nella aree studiate il castagno è distribuito in una fascia altimetrica compresa tra gli 600 e 1100 metri s.l.m. con una maggiore presenza tra gli 700 e 1100 metri; la malattia è stata rilevata in aree ricadenti in questa ultima fascia con un picco percentuale tra gli 800 e 1100 m s.l.m.. Per quanto concerne l'esposizione, il castagno nelle zone studiate predilige i versanti a Nord seppure risulta presente su tutte le esposizioni, mentre la malattia è percentualmente più diffusa sulle esposizioni di Sud-Est. Nella zona monitorata, il castagno è prevalentemente presente in aree con pendenze tra il 20 e 30% e percentualmente, non si notano grandi differenze della presenza della malattia legate alla pendenza.

La malattia è risultata statisticamente associata alla presenza di strade che costeggiano o attraversano le aree castanicole; infatti, relativamente alle aree colpite dal mal dell'inchiostro, all'aumentare della densità di strade, espressa per metri lineari per ettaro, aumenta la superficie malata ($R^2=0,46$ $P\leq 0,0001$) (Figura 6).

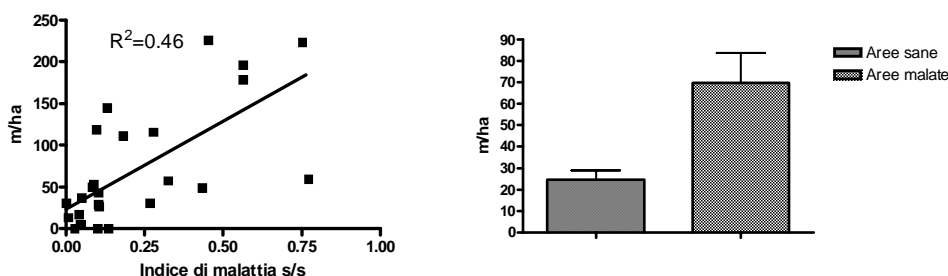


Figura 6 – relazionando i vari strati informativi si è evidenziato come, relativamente alle aree colpite dal Mal dell'inchiostro, all'aumentare della densità di strade, espressa in metri lineari su ettari, aumenta la superficie malata ($R^2=0,46$ $P\leq 0,0001$) (a sinistra); inoltre, la densità di strade è risultata mediamente maggiore nei versanti colpiti dalla malattia rispetto a quelli dove la malattia non è presente (Mann-Whitney test, $P\leq 0,0001$) (a destra).

Conclusioni

I risultati ottenuti, dimostrano la capacità del sistema di telerilevamento adottato nell'individuare piante di castagno morte e deperenti. Comparato con le tradizionali tecniche di monitoraggio a terra, il sistema A.SP.I.S. permette di controllare vaste superfici forestali in breve tempo, anche se un limite di questa tecnica è quello di essere aspecifica rispetto ai sintomi mostrati dalle piante. Combinando tra informazioni geografiche di vario tipo con la localizzazione dei focolai di malattia, e conoscendo l'epidemiologia del patogeno, risulta possibile limitare l'errore di interpretazione.

L'uso di tale tecnica potrebbe fornire un primo strumento di pianificazione per successivi rilievi a terra; inoltre la raccolta successiva di informazioni telerilevate della stessa area, consentirebbe di studiare l'evoluzione della malattia nel tempo, permettendo l'attuazione di misure di contenimento programmate a scala territoriale.

Bibliografia

- Anselmi N., Vettrai A.M., Franco S., Chiarot E., Vannini A. (1999). “Recrudescenze del mal dell’inchiostro del castagno in Italia: nuove acquisizioni e suggerimenti di lotta”, *Linea Ecologica*, 5: 53-58.
- Anselmi N., Giordano E., Vannini A., Troiani L., Napoli G., Crivelli L. (1996), “Il mal dell’inchiostro del castagno in Italia: nuove acquisizioni e suggerimenti di lotta”, *Linea Ecologica*, 5: 53-58.
- Biallo G., (2002), *Introduzione ai Sistemi Informativi Geografici*, Edizioni MondoGis, 185.
- Godone D., Gonthier P., Rollet I., Garnero G., Nicolotti G. (2003), “Applicazioni G.I.S.-G.P.S. in epidemiologia delle malattie forestali: il caso di studio della Valle d’Aosta”, Atti della 7° conferenza nazionale ASITA, “L’informazione territoriale e la dimensione tempo, Verona, Ottobre 2003.
- Gomasasca M.A. (2000), *Introduzione a telerilevamento e gis per la gestione delle risorse agricole e ambientali*, Edizioni A.I.T.-Associazione Italiana di Telerilevamento, 246.
- ISTAT (1996), annuario delle statistiche forestali.
- Natili G. (2004), “Individuazione di *Phytophthora spp.* coinvolte nella recrudescenza del Mal dell’Inchiostro del castagno nel centro Italia e studio della loro patogenicità”, Università degli Studi della Tuscia, tesi di laurea, 112.
- Nilsson, H.E. (1996), “Remote sensing and image analysis in plant pathology”, *Annual Review of Phytopathology*, 15: 489-527.
- Nelson M.R., Orum T.V., Jaime-Garcia R., Nadeem A. (1999), “Applications of geographic information systems and geostatistics in plant disease epidemiology and management”, *Plant Disease*, 83: 308-319.
- Papale D., Vitullo M., Belli C., Valentini R., (2001), “Un nuovo strumento di proximal sensing per lo studio degli ecosistemi agroforestali: l’A.SP.I.S. (Advanced Spectroscopic Imaging System)”, Atti del III Congresso Nazionale SISEF, “Alberi e Foreste per il nuovo millennio”, Viterbo, Ottobre 2001.
- Vannini A., Vettrai A.M. (2001), “Ink disease of chestnut: impact on European chestnut”, *Forest Snow and Landscape Research*, 76: 345-350.
- Vettrai A.M., Morel O., Perlerou C., Robin C., Diamandis S., Vannini A. (2004), “Occurrence and distribution of *Phytophthora* species in European chestnut stands, and their association with Ink Disease and crown decline”, *European Journal of Plant Pathology*, 111: 169-180.
- Vettrai A.M., Natili G., Anselmi N., Vannini A. (2001), “Recovery and pathogenicity of *Phytophthora* species associated with a resurgence of ink disease on *Castanea sativa* in Italy”, *Plant Pathology*, 50: 90-96