L'INFRAROSSO FALSO COLORE
NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Enrico MARTINI

Premessa

Con pause varie ma per circa un ventennio ho svolto consulenze per conto della "Compagnia Generale Ripreseaeree" (C.G.R.) di Parma, un'azienda all'avanguardia nel mondo per quanto riguarda il telerilevamento con mezzo aereo.
Nel 1987 la C.G.R. istituì un gruppo di studio in cui la punta di diamante era rappresentata dal professor Leif Wastenson, direttore del dipartimento di telerilevamento e fotointerpretazione dell'Università di Stoccolma. Per le università italiane fui cooptato io: parteciparono anche vari specialisti della medesima C.G.R. Le ricerche portarono alla stampa di un testo di grande formato dal titolo "Se il bosco muore" (edito dalla C.G.R.).
Il Parco lombardo del Ticino, in seguito, mi chiese di fotointerpretare quasi 1000 immagini scattate, sempre da velivoli della C.G.R., sul suo territorio, dal Lago Maggiore a Pavia. L'indagine portò alla stampa di un secondo testo (edito dal Parco Lombardo del Ticino).

Altre indagini vennero svolte nei territori dei Comuni di Merano, Sanremo, Genova, nelle valli Bormida, sempre grazie ai mezzi tecnici della C.G.R. e con me come fotointerprete; si effettuarono anche prove nelle province di Pisa e di Lucca oltre che a Valeggio sul Mincio. È un titolo di merito dei committenti aver dimostrato interesse per la ricerca e avere stanziato i fondi per eseguirla. La pellicola infrarossa falso colore, in Europa, veniva prodotta solo in Inghilterra e lì fu acquistata a più riprese dalla C.G.R. che investì nella ricerca fondi davvero cospicui. In anni successivi venne costruita e posta in vendita una camera fotogrammetrica digitale, ADS 40: prodotta in soli 8 esemplari, venne acquistata da pochi Stati esteri e dalla C.G.R. La pellicola I.R.F.C. richiedeva un alto livello di competenza e di specializzazione, oltre ad una lunga serie di prove sperimentali per ottenere fotogrammi su cui lavorare col massimo profitto. Con le strumentazioni digitali moderne più alcuna taratura in laboratorio, nessuna rigidissima standardizzazione della composizione di liquidi di sviluppo, tempi, temperature, velocità di passaggio attraverso la sviluppatrice continua; nessun impiego di filtri e relative prove sperimentali. Le strumentazioni digitali hanno mandato in pensione la pellicola I.R.F.C. La C.G.R. dispone oggi di sensori ADS 40 e 80, di camere digitali Frame Vexcel Ultra Cam Xp, di camere

digitali Applanix DSS 322 (a risoluzione radiometrica di soli 12 bit!), tutte impiegabili in luce visibile e nell'infrarosso vicino. La medesima società ha svolto ricerche applicate in Europa, Arabia Saudita, Africa, Indonesia, America Latina, Australia.
Mi dolgo che lo spazio tiranno mi consenta solo una trattazione estremamente superficiale e lacunosa dell'argomento.
Le ricerche sul telerilevamento hanno condotto ad un dualismo tra fautori dell'impiego dei satelliti artificiali e sostenitori dell'uso degli aerei. È un dato di fatto che il mezzo aereo consente di ottenere immagini il cui potere risolutivo è di appena un decimetro quadrato, mentre i ripetuti passaggi sul territorio permettono di ottenere la contemporaneità del campionamento su aree molto estese. I satelliti artificiali non arrivano a tanto.
Quanto alla documentazione fotografica che segue, si tenga presente che le foto non derivano direttamente da scansioni di fotogrammi scattati dall'aereo: tutto questo materiale è stato restituito a suo tempo ai committenti; questi ultimi mi avevano chiesto di presentare in pubblico i risultati delle ricerche: ho quindi dovuto scattare delle diapositive (che a suo tempo ho proiettato); ora le ho riprese e sottoposte a scansione con uno scanner per diapositive prima di inserirle nel testo; inevitabilmente, nei vari passaggi, si è verificato un certo scadimento della nitidezza; nessuna foto ha subìto ritocchi. Ovviamente i fotogrammi originali, esaminati allo stereoscopio, offrirebbero un quadro ben più nitido, preciso, aderente alla realtà.

La tecnologia I.R.F.C.

Le radiazioni all'infrarosso si suddividono, in base alla loro lunghezza d'onda, in "vicine" e "lontane": le prime (lunghezze d'onda di 800-900 nm, nanometri, miliardesimi di metro), consentono di valutare lo stato di salute degli alberi con un anticipo di qualche anno rispetto all'occhio umano; quelle lontane (fino a 12000 nm) corrispondono all'infrarosso termico e forniscono lo spunto per applicazioni militari (congegni di puntamento sensibili alle sorgenti di calore ...) e scientifiche (nel campo soprattutto della geologia).
Innanzitutto perché l'infrarosso si chiama "falso colore"? Perché i colori vengono restituiti quasi tutti falsati (foto 1).

Foto 1. Colori falsati su tetti, ponti di navi e vegetazione

L'infrarosso falso colore (I.R.F.C.), o infrarosso vicino, ha vari pregi e alcuni aspetti problematici.

I vantaggi

Un pregio che ha dell'incredibile è il totale annullamento della foschia atmosferica: sembra che tra il mezzo di ripresa e il terreno non vi sia interposta l'aria, con il suo carico di umidità e di smog. La foto 2 presenta un particolare ingrandito di un fotogramma scattato in luglio (giornata afosa) da una quota di 1200 metri sopra un centro cittadino (Merano).

Foto 2. Perfetta penetrazione della foschia atmosferica

Un altro pregio dell'I.R.F.C. è dato dalla diversa risposta cromatica delle chiome degli alberi: esemplari che siano in buono stato di salute se di lecci e di conifere appaiono di un colore rosso scuro, se di varie latifoglie, di colore rosa più o meno carico, mentre la roverella è rosa pallido e il salice bianco mostra una tonalità bianco-rosata. Ne deriva la possibilità di realizzare carte della vegetazione molto precise. Un elemento diagnostico aggiuntivo è dato dalla forma della chioma analizzata allo stereoscopio: ad esempio è possibile distinguere bene un castagno da un faggio anche se la resa cromatica delle due specie è assai simile.

Foto 3. Entroterra di Genova, presso Bàvari e San Desiderio: latifoglie in ottimo stato

Il pregio maggiore dell'I.R.F.C. consiste nel fatto che un albero in buone condizioni di salute dà un'ottima risposta all'infrarosso vicino, apparendo dei colori prima citati a seconda della specie; se però il livello di stress dell'esemplare comincia ad essere cospicuo, la chioma acquista una tonalità smorta, che, col progredire della sofferenza diviene prima ocra, quindi grigiastra, per finire con un color cenere (ma i danni, a questo punto, dovrebbero apparire anche all'occhio umano, quanto meno a livello di diafanizzazione della chioma, se non di viraggio del verde verso tonalità decisamente più chiare). La precocità della percezione del livello di sofferenza delle chiome arboree, con un anticipo di oltre 5 anni rispetto ad un deperimento visibile dell'esemplare, può consentire di destinare risorse e interventi in modo mirato, si tratti di un bosco o di esemplari arborei cittadini (foto 4-9, a forte ingrandimento).

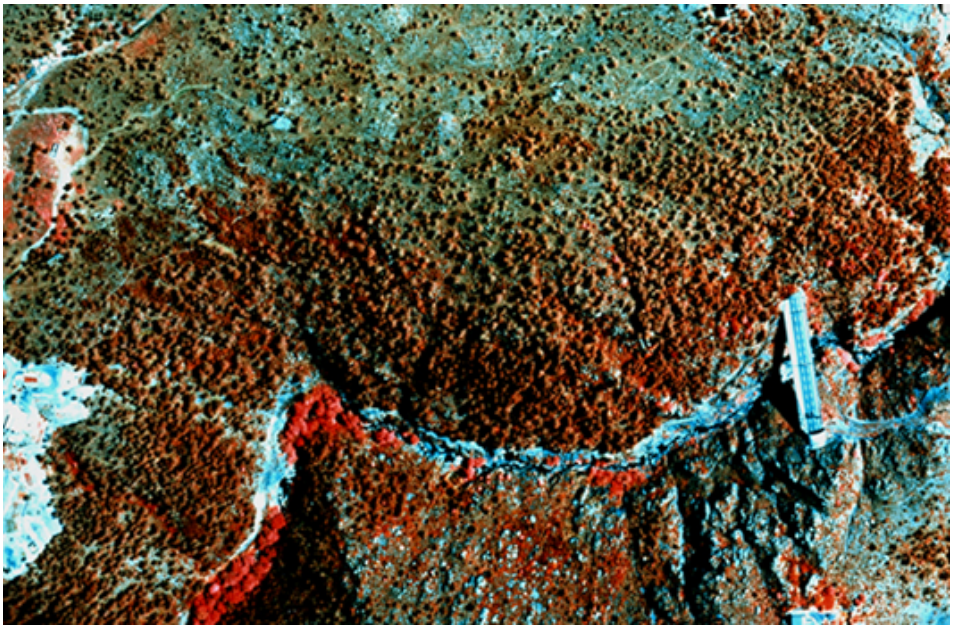

Foto 4. Cogoleto. Ontani e salici in ottimo stato sul greto del torrente Arrestra. Pinastri (*Pinus pinaster*) aggrediti da *Matsucoccus feytaudi* (color ocra)

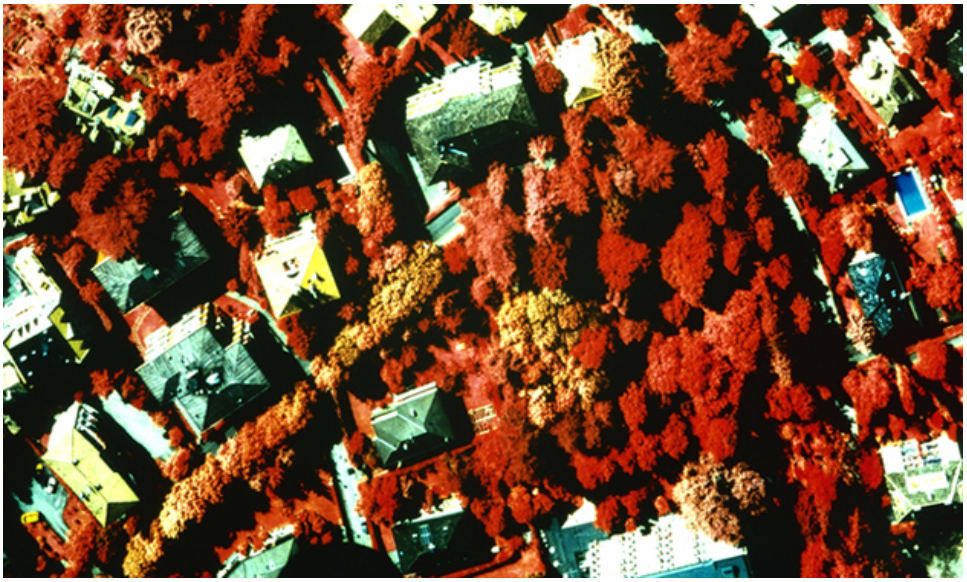

Foto 5. Merano. Ippocastani aggrediti da *Cameraria ohridella*

Foto 6. Sanremo. Alberi privi di stress e altri con livelli diversificati di sofferenza presso il Santuario della Madonna della Costa

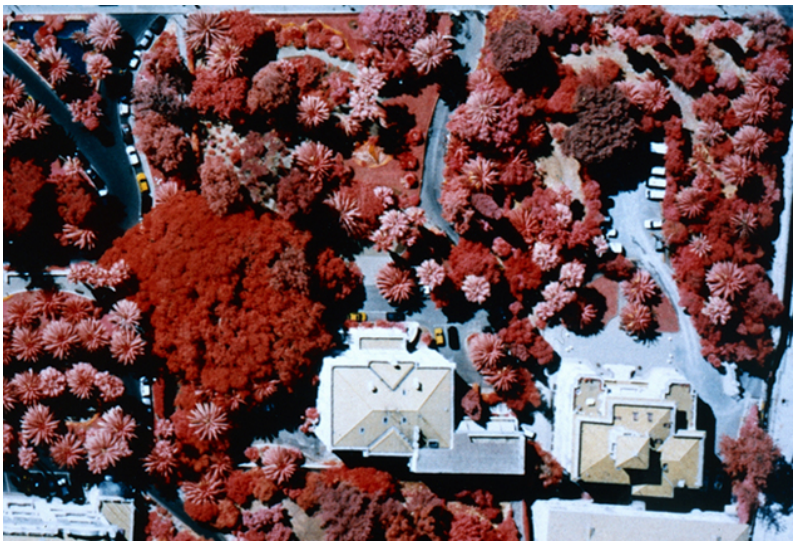

Foto 7. Sanremo. Livelli differenziati di stress nel centro cittadino

Foto 8. Genova. Salita San Barnaba: livelli differenziati di stress

Foto 9. Genova. Giardini Spotorno: grave sofferenza delle conifere. Si può notare che in questa e in tutte le immagini precedenti gli alberi possiedono l'intera loro chioma

Aspetti problematici

Sono tutti superati dalle strumentazioni più recenti. Le foto che seguono sono state ottenute durante prove effettuate nelle province di Lucca e Pisa per testare le prestazioni della camera fotogrammetrica digitale ADS 40 (la C.G.R. mi chiese di valutarne il rendimento nello studio dei livelli di stress della vegetazione arborea).
Ecco alcuni esempi delle potenzialità della fotocamera ADS 40: i fotogrammi non hanno richiesto alcun trattamento.

Foto 10. Pineta Nord di Viareggio. Si notino l'eutrofizzazione con lo sviluppo di alghe in parte del canale a sinistra nell'immagine (colore arancione chiaro) e l'elevatissimo livello di stress della maggior parte degli esemplari di pino domestico (*Pinus pìnea*), colore grigio fango. Anche i platani del doppio filare rettilineo (colore arancione marcato) presentano livelli di stress di media gravità. Notare l'arretramento della spiaggia per mancato ripascimento dopo la costruzione del porto turistico di Viareggio che deviò correnti marine.

Alcuni limiti sono rimasti anche se si impiegano le strumentazioni digitali: queste non servono né per le colture né per gli arbusteti e il periodo d'indagine deve essere limitato alla buona stagione (come dimostrano immagini seguenti).

Foto 11. L'infrarosso vicino non dà indicazioni significative per le coltivazioni neppure con la tecnologia digitale. Le colorazioni dei campi coltivati risultano prive di significato

Foto 12. Anche nel caso degli arbusteti non si ottengono indicazioni (qui, ad immediato ridosso della spiaggia, macchia mediterranea). L'infrarosso vicino è applicabile solo agli esemplari arborei. Notare lo stato di sofferenza delle pinete a pino domestico retrostanti

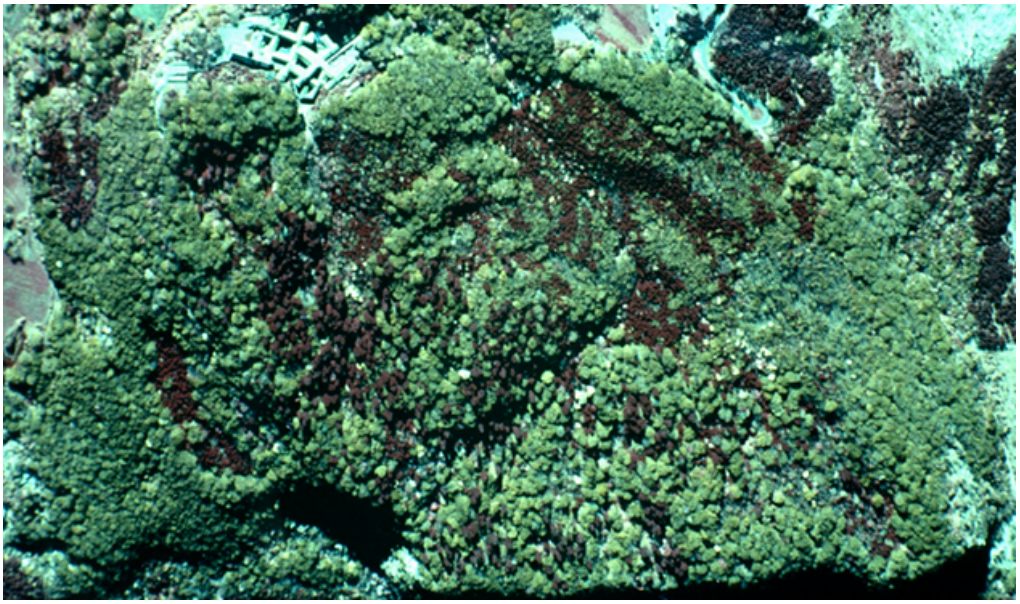

Foto 13. Un limite dell'infrarosso vicino è la brevità del periodo nel corso dell'anno in cui vanno effettuati i voli: da metà giugno all'inizio di settembre (con variazioni, al massimo, di un paio di settimane prima o dopo a seconda della latitudine e dell'andamento climatico). Bene le conifere sempreverdi, indecifrabili le latifoglie (siamo ormai prossimi all'autunno)

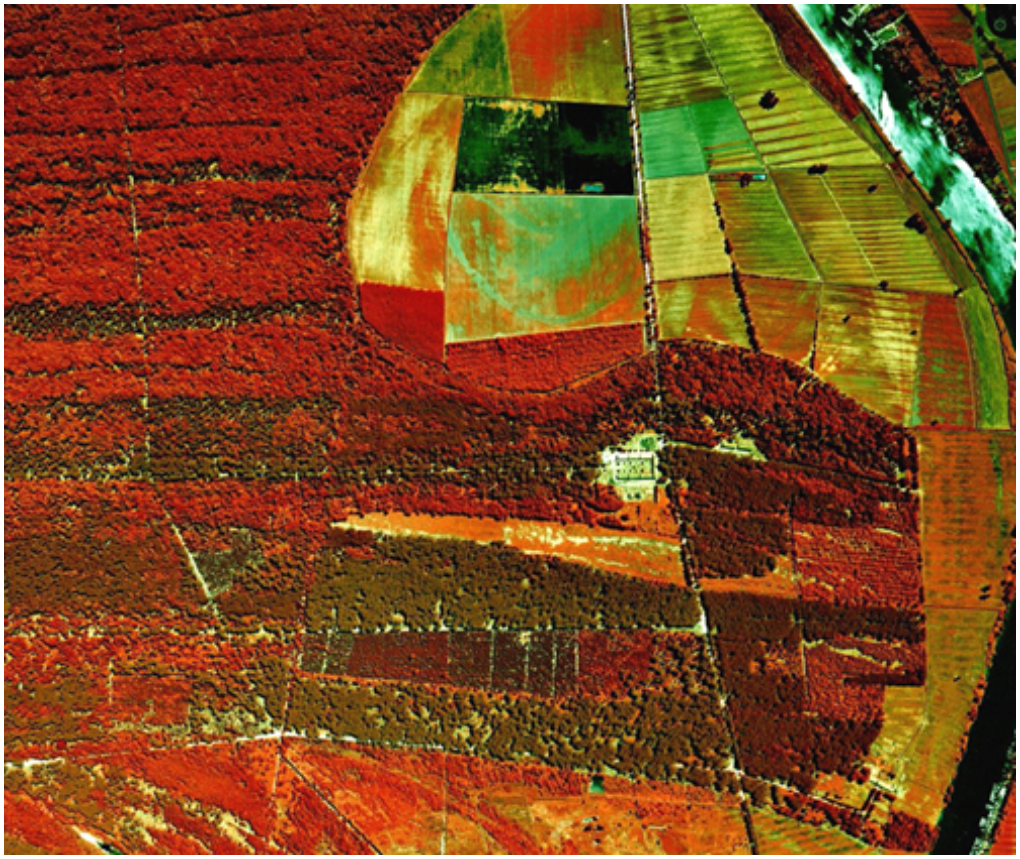

Foto 14. Subito a monte della foce dell'Arno ben visibile un meandro fossile sul confine vegetazione arborea - coltivazioni nella parte centrale in alto dell'immagine. Anche in quest'area latifoglie prive di livelli significativi di stress e conifere più o meno in sofferenza. Colorazioni delle colture prive di significato.