

Stima probabilistica del tasso di espansione annua e del valore al 1990 della superficie forestale nella Regione Abruzzo

Corona P* ⁽¹⁾, Pompei E ⁽²⁾, Scarascia Mugnozza G ⁽¹⁾

(1) Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse, Università della Tuscia, Viterbo; (2) Corpo Forestale dello Stato, Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Roma - *Corresponding author: piermaria.corona@unitus.it

Abstract: Probabilistic assessment of the rate of forest expansion in Abruzzo (Central Italy) and of the forest area at the year 1990. In Italy, reliable updated data on forest expansion on a national or regional scale are not available. The aim of this note is to present a probabilistic estimation approach based on land cover classification repeated on the same sample points for two successive occasions. The approach was experimented in the Abruzzo region (Central Italy), where the rate of forest expansion was assessed by multitemporal classification of permanent sample points on orthorectified aerial photos. The forest area at the year 1990, a figure of high relevance for reporting under the Kyoto Protocol, was also assessed. The proposed procedure proved to be relatively easy to implement and able to provide precise estimates, given the adopted sampling intensity (the same of the Italian national forest inventory). It is stressed that statistical figures of forest areas on wide territories obtained by estimation approaches like the proposed one are scientifically more defensible than those traditionally based on the complete mapping, being more objectively repeatable.

Keywords: Stima di superfici forestali, Inventario continuo, Campionamento sistematico non allineato, Fotointerpretazione per punti, Ricolonizzazione boschiva, Protocollo di Kyoto.

Received: Mar 9, 2005 - Accepted: Apr 7, 2005

Citation: Corona P, Pompei E, Scarascia Mugnozza G, 2005. Stima probabilistica del tasso di espansione annua e del valore al 1990 della superficie forestale nella Regione Abruzzo. *Forest@ 2* (2): 178-184. [online] URL: <http://www.sisef.it/>

Introduzione

La ricolonizzazione spontanea da parte delle cenosi boschive è uno dei principali fattori che negli ultimi decenni hanno caratterizzato, e ancora oggi caratterizzano, la dinamica del mosaico territoriale italiano. A seconda dei casi, tale fenomeno può rappresentare un elemento positivo o di criticità per la conservazione del paesaggio e della biodiversità, ma comporta comunque sempre un aumento di fissazione di carbonio atmosferico. Non sono disponibili dati aggiornati, omogenei e oggettivi per poter quantificare il fenomeno, almeno con riferimento a una scala territoriale a livello regionale o nazionale. La dinamica delle superfici forestali deducibile dalle statistiche ISTAT non può, infatti, essere utilizzata a tal fine tenuto conto delle modalità con cui queste statistiche sono prodotte (Corona et al. 2004).

Obiettivo di questa nota è la presentazione di un

approccio probabilistico di valutazione campionaria basato sulla classificazione della copertura del suolo ripetuta in occasioni successive sugli stessi punti di sondaggio (cosiddetto "inventario continuo", vedi Corona 2000). In particolare, viene illustrata una sperimentazione condotta sull'intera regione Abruzzo, dove la classificazione multitemporale di punti di sondaggio permanenti su foto aeree ortorectificate ha consentito una stima oggettiva del tasso medio di espansione delle formazioni forestali dagli anni '80 all'attualità.

Mediante lo sviluppo di appositi stimatori, l'approccio proposto ha consentito anche una valutazione oggettiva della superficie boschiva che la regione Abruzzo aveva al 1990. Questo dato è di particolare interesse nell'ambito delle misure di implementazione e *reporting* del Protocollo di Kyoto (Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cam-

biamenti Climatici), in quanto il 1990 è l'anno di riferimento (*baseline*) per il conteggio delle riduzioni/emissioni di gas a effetto serra determinate da interventi di cosiddetta "afforestazione", "riforestazione", "deforestazione" o da fenomeni di "riforestazione naturale" (secondo la terminologia di cui alla Delibera CIPE 123/2002) nel primo *commitment period* (2008-2012).

Materiali e metodi

Schema di campionamento

Il numero e la dislocazione dei punti di sondaggio permanenti adottati nella presente sperimentazione sono gli stessi di quelli della prima fase dell'Inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi forestali di carbonio (INFC), in corso a partire dal 2002 a cura del Corpo Forestale dello Stato.

Il territorio della regione Abruzzo è stato suddiviso in quadrati giustapposti di superficie unitaria pari a 1 km². All'interno di ciascun quadrato è stato selezionato casualmente un punto di sondaggio secondo lo schema del campionamento sistematico non allineato (*unaligned systematic sampling*). La superiorità di questo schema di campionamento rispetto ad altri schemi sistematici usualmente impiegati negli inventari forestali è provata in Fattorini (2003) e Fattorini et al. (2003).

Fotointerpretazione

Il materiale utilizzato per l'analisi multitemporale della superficie forestale nel territorio considerato proviene da 322 ortofoto aeree pancromatiche riprese sia nell'anno 2002, sia nel corso degli anni '80. Ambedue le serie di ortofoto hanno dimensioni dei pixel corrispondenti a terra a 1 m x 1 m (scala nominale 1:10000) e sono georeferenziate sul sistema di coordinate topografiche Gauss-Boaga.

Per quel che riguarda il 2002, il materiale utilizzato è rappresentato da ortofoto aeree digitali realizzate per conto di AGEA, mentre per quanto riguarda gli anni '80 il materiale analizzato è rappresentato da ortofoto pancromatiche (non digitali) realizzate, per conto della Regione Abruzzo, su parti diverse non sovrapposte del territorio regionale, negli anni 1981 (185 ortofoto), 1985 (86 ortofoto) e 1987 (61 ortofoto).

I punti di sondaggio sono stati classificati nelle sei classi di copertura del suolo elencate in tabella 1, secondo il protocollo adottato dal nostro Paese per INFC. Con riferimento agli standard nomenclaturali e procedurali del suddetto protocollo, non sono stati riscontrati particolari problemi in sede di

classificazione dei singoli punti di sondaggio, grazie al grande dettaglio e alla qualità, in termini di luminosità e contrasto, di ambedue le serie di ortofoto utilizzate.

La classificazione dei punti di sondaggio sulle ortofoto AGEA è stata considerata come verità a terra al 2002, mentre quella sulle ortofoto della Regione Abruzzo è stata considerata come verità a terra al 1981/85/87, a seconda degli strati.

Stratificazione

Il territorio regionale è stato analizzato suddiviso per Province (Chieti, L'Aquila, Pescara, Teramo). Ciascuna Provincia è stata a sua volta suddivisa in sottoinsiemi non sovrapposti, ciascuno corrispondente a quella parte di territorio a cui facevano riferimento le ortofoto pancromatiche della Regione Abruzzo realizzate, rispettivamente, negli anni 1981, 1985 e 1987. Nel complesso, sono stati considerati 9 strati (tab. 2), ciascuno di superficie A_j nota senza errore.

Stimatori statistici

Variabile annua di superficie

Lo stimatore (\hat{z}_{ij}) del cambiamento della proporzione di punti campione afferenti alla i -esima classe di copertura del suolo tra la prima occasione di rilevamento (anni 1981/85/87, a seconda dello strato) e la seconda occasione di rilevamento (2002) nel j -esimo strato è pari a:

$$\hat{z}_{ij} = \hat{p}_{ij2} - \hat{p}_{ij1}$$

dove: \hat{p}_{ij2} = stimatore della proporzione di punti campione afferenti alla i -esima classe di copertura del suolo al 2002 nel j -esimo strato = n_{ij2} / n_j con n_{ij2} pari al numero di punti classificati nella i -esima classe di copertura del suolo al 2002 nel j -esimo strato; n_j = numero totale di punti campione nello strato;

\hat{p}_{ij1} = stimatore della proporzione di punti campione ricadenti nella classe di copertura del suolo al 1981/85/89 (a seconda dello strato) nel j -esimo strato = n_{ij1} / n_j , con n_{ij1} pari al numero di punti classificati nella i -esima classe di copertura del suolo al 1981/85/89 (a seconda dello strato) nel j -esimo strato.

L'errore standard di \hat{z}_{ij} può essere stimato pari a:

$$\hat{s}_{\hat{z}_{ij}} = \sqrt{\hat{s}_{\hat{p}_{ij2}}^2 + \hat{s}_{\hat{p}_{ij1}}^2 - 2\hat{s}_{\hat{p}_{ij2}\hat{p}_{ij1}}}$$

dove:

$\hat{s}_{\hat{p}_{ij}}$ = stimatore conservativo della varianza di

$\hat{P}_{ij2} = \hat{p}_{ij2} \cdot (1 - \hat{p}_{ij2}) / (n_j - 1)$;
 $\hat{S}_{\hat{p}_{ij1}}^2 =$ stimatore conservativo della varianza di
 $\hat{p}_{ij1} = \hat{p}_{ij1} \cdot (1 - \hat{p}_{ij1}) / (n_j - 1)$;
 $\hat{S}_{\hat{p}_{ij2} \hat{p}_{ij1}} =$ stimatore conservativo della covarianza di
 \hat{p}_{ij1} e $\hat{p}_{ij2} = (\hat{p}_{ij1=2} - \hat{p}_{ij1} \hat{p}_{ij2}) / (n_j - 1)$
 $\hat{P}_{ij1=2} =$ stimatore della proporzione di punti
 campione classificati nella i -esima classe di copertura
 del suolo considerata sia nel 1981/85/87 (a seconda
 dello strato) che nel 2002, nel j -esimo strato =
 $n_{ij1=2} / n_j$, con $n_{ij1=2}$ pari al numero di punti classificati
 nella i -esima classe di copertura del suolo sia nel
 1981/85/87 (a seconda dello strato) che nel 2002, nel
 j -esimo strato.

Lo stimatore della variazione di superficie nella i -esima classe di copertura del suolo tra il 1981/85/87 (a seconda dello strato) e il 2002 nel j -esimo strato è pari a:

$$\hat{Z}_{ij} = A_j \hat{z}_{ij}$$

con errore standard stimato pari a:

$$\hat{S}_{\hat{Z}_{ij}} = A_j \hat{S}_{\hat{z}_{ij}}$$

Il valore medio annuo di variazione della superficie della i -esima classe di copertura del suolo nel j -esimo strato può essere stimato pari a

$$\hat{v}_{ij} = \hat{Z}_{ij} / l_j$$

dove: l_j = numero di anni tra il primo e il secondo rilevamento nel j -esimo strato.

Lo stimatore dell'errore standard di \hat{v}_{ij} è pari a:

$$\hat{S}_{\hat{v}_{ij}} = \hat{S}_{\hat{Z}_{ij}} / l_j$$

Per ottenere la stima dei valori medi annui di variazione della i -esima classe di copertura del suolo a livello di Provincia o a livello di intera Regione, è infine possibile aggregare tra loro in modo opportuno i valori stimati a livello di ciascun singolo strato, secondo la formula:

$$\hat{V}_i = \sum_{j=1}^M \hat{v}_{ij}$$

dove: M = numero di strati considerati nell'aggregazione.

Lo stimatore dell'errore standard di \hat{V}_i è pari a:

$$\hat{S}_{\hat{V}_i} = \sqrt{\sum_{j=1}^M \hat{S}_{\hat{v}_{ij}}^2}$$

L'intervallo fiduciario della stima di \hat{V}_i è pari a:

$$\hat{V}_i \pm t \hat{S}_{\hat{V}_i}$$

dove t è il valore critico del t di Student (test a due code), stabilito in corrispondenza del prescelto livello di significatività statistica $1 - \alpha$ (con α pari alla probabilità di errore di I tipo) e in corrispondenza degli appropriati gradi di libertà.

Superficie a una data intermedia tra il primo e secondo rilevamento

La superficie di una data classe di copertura del suolo nel j -esimo strato a una data intermedia tra il primo e il secondo rilevamento, quale a esempio l'anno 1990, può essere stimata assumendo costante la variazione annua di tale superficie tra i due rilevamenti inventariali.

La superficie che la i -esima classe di copertura del

$$\hat{A}_{ij(2-x)} = \hat{A}_{ij2} - x \hat{v}_{ij} = \left(1 - \frac{x}{l_j}\right) \hat{A}_{ij2} + \frac{x}{l_j} \hat{A}_{ij1}$$

dove:

\hat{A}_{ij2} = superficie della i -esima classe di copertura del suolo nel j -esimo strato al secondo rilevamento =

$\hat{p}_{ij2} A_j$;

\hat{A}_{ij1} = superficie della i -esima classe di copertura del suolo nel j -esimo strato al primo rilevamento =

$\hat{p}_{ij1} A_j$;

\hat{v}_{ij} = valore medio annuo di variazione della superficie della i -esima classe di copertura del suolo tra il primo e il secondo rilevamento nel j -esimo strato =

$(\hat{A}_{ij2} - \hat{A}_{ij1}) / l_j$;

l_j = numero di anni tra il primo e il secondo rilevamento nel j -esimo strato.

Lo stimatore dell'errore standard di $\hat{A}_{ij(2-x)}$ è pari a:

$$\hat{S}_{\hat{A}_{ij(2-x)}} = \sqrt{\left(1 - \frac{x}{l_j}\right)^2 \hat{S}_{\hat{A}_{ij2}}^2 + \left(\frac{x}{l_j}\right)^2 \hat{S}_{\hat{A}_{ij1}}^2 + 2 \frac{lx - x^2}{l^2} \hat{S}_{\hat{A}_{ij2} \hat{A}_{ij1}}}$$

dove:

$\hat{S}_{\hat{A}_{ij2}}^2$ = varianza della stima della superficie della i -esima classe di copertura del suolo nel j -esimo strato al secondo rilevamento = $\hat{A}_{ij2}^2 S_{\hat{p}_{ij2}}^2$;

$\hat{S}_{\hat{A}_{ij1}}^2$ = varianza della stima della superficie della i -esima classe di copertura del suolo nel j -esimo strato al primo rilevamento = $\hat{A}_{ij1}^2 S_{\hat{p}_{ij1}}^2$;

$\hat{S}_{\hat{A}_{ij2} \hat{A}_{ij1}}$ = covarianza delle stime della superficie della

i -esima classe di copertura del suolo nel j -esimo strato al primo e secondo rilevamento = $\hat{A}_j^2 \hat{S}_{\hat{p}_i, \hat{p}_{i1}}$.

Per la stima a livello di Provincia o a livello di intera Regione della superficie di una data classe di copertura del suolo a una data intermedia tra il primo e il secondo rilevamento, è infine possibile aggregare tra loro in modo opportuno i valori stimati a livello di ciascun singolo strato, analogamente a quanto già illustrato per l'aggregazione delle stime della variazione annua di superficie (vedi sopra).

Risultati

I risultati delle analisi condotte, suddivisi per singoli strati e Province, sono riportati nelle tabelle 3 e 4. Nel territorio esaminato, la variazione media annua delle superfici delle classi di copertura del suolo considerate e i rispettivi intervalli fiduciarci (al 95% di sicurezza statistica) sono stimati pari a:

- superfici artificiali: $+323 \pm 83$ ha anno⁻¹;
- superfici agricole: -720 ± 124 ha anno⁻¹;

- formazioni forestali: $+2439 \pm 219$ ha anno⁻¹;
- formazioni forestali rade: -1053 ± 186 ha anno⁻¹;
- prati, pascoli e incolti: -989 ± 144 ha anno⁻¹.

Nel periodo considerato si è registrato, dunque, un netto aumento di formazioni forestali, dovuto soprattutto al passaggio a questa classe di copertura del suolo di superfici in precedenza classificate come boschi radi (*other wooded land*) e come prati, pascoli e incolti e, secondariamente, al passaggio da superfici agricole. Anche tenendo conto delle dinamiche interne tra formazioni forestali e formazioni forestali rade, si osserva comunque, globalmente, un significativo incremento medio annuale di aree boschive (formazioni forestali + formazioni forestali rade), pari a ben 1387 ± 166 ha anno⁻¹.

Si riscontra, inoltre, un significativo aumento di superfici artificiali, prevalentemente a scapito delle superfici agricole. La classe di copertura del suolo "altre superfici" non ha, invece, mostrato cambiamenti nel corso degli anni, in relazione alla natura

Tab. 1 - Classi di copertura del suolo adottate nella presente sperimentazione, secondo il sistema di nomenclatura utilizzato per la prima fase dell'Inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi forestali di carbonio (INFC 2003). La definizione di superficie forestale è la stessa utilizzata dal nostro Paese per il reporting ai fini del Protocollo di Kyoto ed è analoga a quella del *Forest Resources Assessment* della FAO (UNECE-FAO 1997), tranne per il fatto che non viene preso in considerazione il parametro "altezza potenziale a maturità", non direttamente rilevabile su ortofoto digitali aeree.

Classe	Definizione
Superfici artificiali	Centri urbani e zone recentemente urbanizzate, come i tessuti urbani continui e discontinui a diversa densità insediativa, inclusi i nuclei abitativi sparsi (borgate, agglomerati rurali) purché raggiungano la superficie minima di 5000 m ² ; rientrano in questa classe gli insediamenti industriali, artigianali, commerciali, i grandi impianti di servizi pubblici e privati con le loro pertinenze e spazi annessi, le reti, le aree infrastrutturali stradali, le strade e le ferrovie, purché più larghe di 20 m
Superfici agricole	Superfici destinate all'uso agricolo con estensione minima di 5000 m ² : seminativi, asciutti e irrigui, vivai non forestali, colture orticole in pieno campo, in serra o in tunnel di plastica, vigneti, oliveti e tutti gli impianti di specie arboree o arbustive da frutto (compresi i noccioli regolarmente coltivati), prati polifiti permanenti
Formazioni forestali	Popolamenti di alberi o di arbusti che presentano contemporaneamente i seguenti tre requisiti: superficie maggiore di 5000 m ² , grado di copertura delle chiome maggiore del 10%, superficie di larghezza maggiore di 20 m
Formazioni forestali rade	Popolamenti di alberi o di arbusti che presentano contemporaneamente i seguenti tre requisiti: superficie maggiore di 5000 m ² , grado di copertura delle chiome compreso tra il 5 ed il 10%, superficie di larghezza maggiore di 20 m
Prati, pascoli e incolti	Aree a pascolo naturale, praterie di alta quota, aree incolte e tutte le formazioni vegetali occupate da vegetazione erbacea spontanea (con copertura superiore al 40%), purché con superficie minima di 5000 m ²
Altro	Tutte le superfici non rientranti nelle precedenti classi

Tab. 2 - Configurazione degli strati in cui è stato suddiviso il territorio oggetto di inventario. (*): l'anno di rilevamento nella seconda occasione è stato il 2002 in tutti gli strati.

Codice strato	Provincia	Anno di rilevamento nella prima occasione*	Numero di punti di sondaggio
1	Chieti	1981	380
2		1985	742
3		1987	1468
4	L'Aquila	1981	3237
5		1985	1804
6	Pescara	1981	780
7		1987	451
8	Teramo	1981	1886
9		1987	63

dei punti inclusi in questa classe, rappresentati da aree di alta montagna rocciose (vegetazione rada o assente) e da corpi idrici (laghi, e fiumi).

La superficie forestale al 1990 è stimata pari a 403426 ha, con un intervallo fiduciario (al 95% di sicurezza statistica) pari a ± 9295 ha. Le formazioni forestali rade sono stimate pari a 38635 ha (± 3242 ha), e nel complesso, dunque, nel 1990 le aree boschive raggiungevano un valore pari a 442061 ha (± 9844 ha).

Discussione e conclusioni

L'espansione delle aree boschive rappresenta la dinamica nettamente più significativa riscontrata nel mosaico territoriale esaminato. L'incremento di superficie forestale registrato negli ultimi due decenni in Abruzzo corrisponde a un tasso percentuale medio annuo di espansione pari a circa 0.23%, se rapportato alla superficie totale regionale, e pari a

0.60% se rapportato alla superficie delle formazioni forestali stimata al 1990.

Sulla base delle evidenze ottenute dalla sperimentazione condotta, l'approccio proposto risulta agevolmente applicabile e in grado di fornire risultati assai precisi, tenuto conto della dimensione campionaria adottata (la stessa di INFC). La stima a scala regionale della superficie forestale al 1990 è caratterizzata da un errore standard relativo di poco superiore all'1%: essa rappresenta, dunque, una valutazione molto affidabile della base di partenza (*baseline*) ai fini del conteggio della fissazione/emissione di carbonio determinata da interventi di "afforestazione", "riforestazione" o da fenomeni di "riforestazione naturale" avvenuti dopo il 1990 ai fini di *reporting* nell'ambito delle richieste informative del Protocollo di Kyoto. La stessa stima della variazione media annua di superficie forestale è affetta, a livello regionale, da un errore standard inferiore al 5%.

Tab. 3 - Stima della espansione media annua delle formazioni forestali nei singoli strati inventariati.

Provincia	Codice strato	Espansione media annua (ha)	Errore standard dell'espansione media annua (ha)	Espansione media annua per Provincia (ha)	Errore standard dell'espansione media annua per Provincia (ha)
Chieti	1	71	18	479	55
	2	241	39		
	3	167	34		
L'Aquila	4	1076	70	1417	83
	5	341	49		
Pescara	6	143	26	176	30
	7	33	15		
Teramo	8	367	41	367	41
	9	0	0		

Tab. 4 - Stima della superficie delle formazioni forestali al 1990 nei singoli strati inventariati.

Provincia	Codice strato	Superficie al 1990 (ha)	Errore standard della superficie al 1990 (ha)	Superficie al 1990 per Provincia (ha)	Errore standard della superficie al 1990 per Provincia (ha)
Chieti	1	16243	946	71149	2115
	2	32706	1317		
	3	22200	1357		
L'Aquila	4	123586	2661	225792	3374
	5	102206	2076		
Pescara	6	30386	1336	38386	1561
	7	8000	807		
Teramo	8	67600	2037	68100	2049
	9	500	216		

Data l'ovvia impossibilità di rilievi in campo, le possibili metodologie di determinazione *ex post* dell'espansione della superficie forestale e del suo valore al 1990 devono essere basate sull'utilizzo di immagini telerilevate storiche. E', in ogni caso, necessario disporre di immagini con risoluzione geometrica adeguata alla definizione di "foresta" adottata. Ad esempio, ai fini del Protocollo di Kyoto, tale definizione, pur variabile da Paese a Paese, contempla un'unità minima rilevabile mai superiore a 1 ha (per l'Italia tale unità minima è pari a 0.5 ha, secondo una definizione analoga a quella impiegata dalla FAO per il *Forest Resource Assessment*, vd. didascalia tab. 1): ciò implica l'impiego di immagini con risoluzione geometrica compatibile con una scala di lavoro mai minore di 1:10.000-1:15.000.

Inoltre, si osserva che per la determinazione delle superfici delle varie classi di copertura del suolo è possibile, tramite le immagini telerilevate, procedere alla mappatura completa di tutto il territorio considerato, con l'individuazione in continuo del perimetro dei poligoni afferenti alle varie classi e successiva loro planimetrazione (automatica), oppure alla stima campionaria delle superfici per conta di punti campione, come sperimentato nel caso in esame. Per territori vasti, questa seconda opzione non solamente è più veloce, e quindi meno dispendiosa, di quella per mappatura completa, ma, secondo quanto evidenziato da Carfagna & Gallego (1999), i risultati ottenibili sono in genere anche più accurati, nonostante che con la mappatura completa si operi una sorta di censimento della popolazione di interesse. Ciò è tanto più vero nel caso di territori quale quello esaminato, caratterizzati da accentuate dinamiche di passaggio da superfici agricole e praterie a formazioni forestali e formazioni forestali rade e da formazio-

ni forestali rade a formazioni forestali, la cui classificazione si differenzia, in particolare, in termini di grado di copertura di specie arboree forestali (superfici non forestali < 5%, formazioni forestali rade > 5%, formazioni forestali > 10%): in queste condizioni, gli errori di omissione e commistione che si commettono nella delineazione in continuo (mappatura per poligoni) dei limiti tra superfici con copertura arborea inferiore o superiore al 5% o al 10% sono di gran lunga superiori di quelli che in genere possono essere commessi con la classificazione per punti.

In sintesi, le statistiche di superficie boschiva su ampi territori, e le valutazioni da esse derivabili in termini di espansione del bosco e correlato aumento di fissazione del carbonio atmosferico, ottenute con un approccio estimativo quale quello proposto (inventario continuo basato sulla classificazione della copertura del suolo su punti campione) appaiono scientificamente più difendibili, e più agevolmente certificabili, di quelle tradizionalmente ottenute dalla mappatura completa della copertura del suolo, in quanto rigorosamente impostate in termini squisitamente probabilistici e più facilmente e rigorosamente ripetibili in termini strettamente oggettivi.

Ringraziamenti

Il lavoro è stato svolto dagli Autori in parti uguali. Si ringrazia l'Ispettorato Generale del Corpo forestale dello Stato, in particolare l'Ufficio SIA (Sistemi Informativi Automatizzati), per aver messo a disposizione il materiale ortofotografico digitale del 2002 unitamente ai dati del nuovo Inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi forestali di carbonio (INFC, dati prima fase). Si ringrazia altresì l'Ufficio Cartografico della Regione Abruzzo per aver gen-

tilmente concesso il materiale ortofotografico regionale relativo agli anni '80. Si ringrazia infine L. Fattorini per la revisione critica del lavoro.

Bibliografia

- Carfagna E, Gallego FJ (1999). Thematic maps and statistics. In: *Land cover and land use information systems for European Union policy needs*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, pp. 219-228.
- Corona P (2000). Introduzione al rilevamento campionario delle risorse forestali. Editrice CUSL, Firenze.
- Corona P, Macrì A, Marchetti M (2004). Boschi e foreste in Italia secondo le più recenti fonti informative. *L'Italia Forestale e Montana* LIX (2): 119-136.
- Fattorini L (2003). A two-phase sampling strategy for forest inventories. In: *Advances in forest inventory for sustainable forest management and biodiversity monitoring* (Corona P, Koehl M, Marchetti M eds.), Forest Sciences, vol. 76, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 143-156.
- Fattorini L, Marcheselli M, Pisani C (2003). Two-phase estimation of coverages with second-phase corrections. *Environmetrics* 14: 1-12.
- INFC (2003). Manuale di fotointerpretazione per la classificazione delle unità di campionamento di prima fase. Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. MiPAF - Direzione Generale per le Risorse Forestali Montane e Idriche, Corpo Forestale dello Stato. Documento a cura dell'Istituto Sperimentale per l'Assessment Forestale e per l'Alpicoltura, Trento.
- UN-ECE FAO (1997). UN-ECE FAO Temperate and Boreal Forest Resources Assessment 2000. Terms and definitions. United Nations, Geneva.