

Breve commento all'elaborazione finale dei dati dell'Inventario Forestale regionale dell'Emilia-Romagna.

Remo Bertani - Studio R.D.M. Firenze - 2006

INTRODUZIONE

Il disegno di campionamento adottato nell'Inventario Forestale della Regione Emilia Romagna si articola in due fasi operative principali:

- Nella prima fase il campione è rappresentato da un insieme di aree di saggio fotografiche della superficie di 5000 m² disposte con criterio sistematico secondo un reticolo di 200 m di lato. Con la fotointerpretazione di tali aree è stata determinata l'estensione delle diverse categorie di uso del suolo ed in particolare della superficie forestale ripartita in sotto categorie tipologico colturali, quali: soprassuoli boschivi, boschetti, formazioni lineari, ecc..
- Nella seconda fase, sulla maggior parte dell'area inventariata, il campionamento è stato effettuato selezionando sistematicamente, secondo un passo chilometrico, le aree di saggio fotografiche classificate come soprassuoli boschivi. Nell'unità inventariale del Panaro, diversamente rispetto al resto della Regione, le unità di rilevamento sono state suddivise in strati sulla base dell'altezza dei soprassuoli boschivi e selezionate, con intensità diversa nell'ambito di ciascun strato, con criterio casuale. In entrambi i casi al suolo è stato rilevato un gruppo (cluster) di aree di saggio a raggio variabile in cui sono stati raccolti gli attributi, qualitativi e quantitativi, relativi ai caratteri della stazione ed agli aspetti dendrometrici.

Tutti i dati raccolti sono stati archiviati nel data base relazionale Microsoft Access 2000 utilizzato anche nell'elaborazione statistica congiuntamente al foglio elettronico Microsoft Excel; per gli archivi geografico-numericci si è avvalsi, invece, del sistema informativo geografico ArcView GIS, di ESRI.

Le procedure di elaborazione dei dati sono state condotte secondo le specifiche metodologiche descritte in "Elaborazione statistica dei dati dell'Inventario Forestale della Regione Emilia – Romagna" (CARFAGNA N. 2001).

I risultati dell'elaborazione sono rappresentati in una serie di figure e tabelle raccolte in 6 capitoli. Le tabelle sono molto schematiche e di facile lettura, ma per una loro corretta interpretazione necessitano di alcuni chiarimenti di ordine generale che saranno precisati nel corso dell'esposizione. Il disegno inventariale è stato, infatti, concepito per l'analisi dei bacini, che costituiscono delle unità inventariali autonome, ed è utilizzabile per altre unità di riferimento (province, comunità montane, aree demaniali ecc.) soltanto con qualche accorgimento e con alcune limitazioni. Comparando le stime dei diversi parametri, qualitativi e quantitativi, si ottengono, infatti, risultati simili ma non perfettamente coincidenti.

Nel primo capitolo sono esposti i dati relativi alle dodici unità inventariali in cui è strutturato l'Inventario, e che sono individuate da gruppi di bacini o dai singoli bacini idrografici dei principali fiumi della Regione.

Nel secondo capitolo le elaborazioni sono state effettuate per l'intera Regione. In questo contesto, grazie ad un maggior numero di rilievi, è stato possibile spingere più a fondo l'analisi dei dati e produrre diverse tabelle relative alle caratteristiche dei soprassuoli o a particolari attributi poco rappresentati a livello delle singole unità inventariali.

Nei capitoli successivi l'analisi dei dati è stata condotta per unità amministrative: province e comunità montane. Le tabelle sono limitate agli aspetti più significativi e per i quali il numero di rilievi a disposizione è stato ritenuto sufficiente per fornire stime con un minimo grado di affidabilità.

Negli ultimi due capitoli infine sono stati esaminati due contesti particolari: il Demanio Regionale e le Aree protette; anche in questo caso le elaborazioni hanno messo in luce soltanto gli aspetti più significativi.

L'ELABORAZIONE DEI DATI DI FOTOINTERPRETAZIONE.

Il calcolo della superficie interessata dalle diverse forme dell'uso del suolo e dalle aree boschive e la sua ripartizione in funzione di altitudine, acclività ed esposizione è stato effettuato, come precedentemente accennato, sulla base dei rilievi di fotointerpretazione. La stima della superficie delle singole classi è stata determinata mediante la seguente formula (CARFAGNA, 2001):

$$y_f = N \cdot p \cdot 0,5$$

dove:

N = numero di fotopunti nella popolazione (l'unità di riferimento: regione, unità inventariale, provincia, comunità montana, ecc.), dato dalla superficie dell'unità di riferimento divisa per l'area di ciascun fotopunto (mezzo ettaro);

p = proporzione dei fotopunti dell'unità di riferimento che presentano la caratteristica, data dal numero di fotopunti che presentano la caratteristica diviso il numero dei fotopunti totali.

$0,5$ = area di ciascun fotopunto (in ettari).

Il rapporto tra la superficie totale ed il numero totale dei punti fotointerpretati assegna a ciascun punto una superficie rappresentativa diversa che dipende dalla forma più o meno frastagliata dell'unità di riferimento, poiché in prossimità della linea di confine non corrispondono, ai punti, superfici "piene". Come è possibile osservare in Tabella 1, consegue a questo modo di operare una diversa stima delle superfici a seconda della procedura di calcolo seguita.

	Bacini	Comunità Montane	Regione
Aree urbane - Edificato	20.712,27	20.711,45	20.710,83
Aree agricole	292.955,21	292.938,95	292.960,68
Praterie - Pascoli - Incolti	153.179,80	153.187,34	153.186,55
Aree boschive	403.178,66	403.190,75	403.173,05
Acque	6.923,10	6.921,83	6.922,28
Aree paludose ed acquitrini	32,01	32,05	32,01
Aree nude	24.800,55	24.799,23	24.796,18
Totale	901.781,60	901.781,60	901.781,60
Soprassuoli boschivi	329.100,42	329.109,07	329.096,61
Boschetti	8.410,15	8.409,48	8.410,78
Formazioni vegetali lineari	7.584,02	7.583,75	7.582,50
Rimboschimenti	10.556,02	10.556,03	10.555,48
Aree boschive transitoriamente prive di vegetazione	3.737,27	3.737,85	3.737,23
Castagneti da frutto	11.411,00	11.412,15	11.407,76
Cespuglieti, arbusteti, macchia mediterranea	32.379,77	32.382,42	32.382,69
Totale	403.178,66	403.190,75	403.173,05

Tabella 1 – Confronto tra le superfici delle classi di uso del suolo determinate seguendo diverse procedure di calcolo.

La superficie dei soprassuoli boschivi, ad esempio, risulta di 329.096,61 ha, se è calcolata tramite i fotopunti per l'intera Regione, di 329.100,42 ha, se si sommano le relative superfici determinate nei singoli bacini, di 329.109,07 se si sommano quelle delle Comunità Montane.

La varianza delle stime di superficie è stata calcolata mediante la formula:

$$v(y_f) = \frac{N(N-n)}{n} p q 0,5$$

dove:

n = numero di fotopunti fotointerpretati nell'unità di riferimento;

q = proporzione dei fotopunti della regione che non presentano la caratteristica = $1 - p$

L'ELABORAZIONE DEI DATI DEI DATI RILEVATI AL SUOLO.

I dati qualitativi.

Nell'ambito di ciascuna unità inventariale alla stima della superficie dei singoli tipi di bosco si è pervenuti ripartendo sulla base del campionamento al suolo la superficie dei soprassuoli boschivi determinata per fotointerpretazione. In altre parole la superficie dei diversi tipi di bosco è stata dapprima calcolata tramite i rilievi a terra e successivamente è stata proporzionalmente estesa alla superficie boscata stimata per mezzo dei fotopunti.

Per quanto riguarda la fase al suolo nella parte della regione dove il campionamento è sistematico la superficie di un generico tipo di bosco è stata calcolata mediante la seguente formula:

$$y_h = \frac{N_h}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}$$

in cui $y_{hi} = M_{hi} p_i$ è il valore della superficie totale del tipo di bosco nell'ambito di un cluster e

N_h è il numero di unità primarie (cluster) nel bacino h , dato dalla superficie del bacino divisa per l'area di ciascuna unità primaria ($40 \times 40 \times \pi : 10000 =$ circa 0,50265 ettari);

n_h è il numero di unità primarie (cluster) selezionate nel bacino h , includendo anche i nodi del grigliato UTM sui quali non sono state effettuate rilevazioni perché non boscati;

M_{hi} è la superficie dell' i -esima unità primaria;

p_i la proporzione delle aree di saggio in un cluster ove il carattere è presente, dato dal numero delle aree di saggio di un cluster nelle quali è presente la caratteristica diviso il numero totale delle aree di saggio del cluster¹.

Nella parte dove il campionamento al suolo è casuale stratificato (unità inventariale del Panaro) le formulazioni sono sostanzialmente analoghe, soltanto in questo caso le stime sono condotte separatamente per ciascun strato ed il numero di unità primarie (N_h) è dato dalla superficie del singolo strato divisa la superficie dell'unità primaria.

Alla stima della superficie dei singoli tipi di bosco stimata tramite i rilievi a terra e i fotopunti si è pervenuti utilizzando la seguente formula:

¹ Poiché nei casi in cui il punto di rilevamento delle aree di saggio periferiche ricade in una superficie non boscata, o comunque in una formazione non classificabile come soprassuolo boschivo, l'area viene sostituita, il numero complessivo di aree di saggio è considerato variabile da 4 a 7. Le aree di saggio sostituite vengono quindi considerate ai fini della stima, sia degli attributi qualitativi sia quantitativi, ed in entrambi i casi, questi ultimi, assumono valore zero.

$$y_{htRf} = R_{ht} N_h P_h 0,5$$

dove:

R_{ht} è il rapporto tra la superficie rilevata al suolo di un generico tipo di bosco e la superficie boscata totale;

N_h numero di unità areali nella popolazione dato dalla superficie dell'unità inventariale divisa l'area di ciascun fotopunto (0,5 ha);

P_h proporzione dei fotopunti boscati nell'unità inventariale, dato dal numero di fotopunti boscati diviso il numero di fotopunti totali, nell'unità inventariale;

0,5 superficie del fotopunto.

Nell'unità inventariale del Panaro in cui i soprassuoli forestali sono stati divisi in due strati la superficie totale di un generico tipo di bosco è data semplicemente dalla somma delle superfici riscontrate nei due strati, calcolate separatamente.

Per l'intera Regione Emilia Romagna (e per tutte le entità territoriali che comprendono parti rilevate con campionamento sistematico e parti con campionamento casuale stratificato) la stima della superficie è stata così calcolata:

$$y_{tRf} = y_{StRf} + y_{patRf}$$

dove:

y_{StRf} è la superficie per tipo forestale stimata tramite dati a terra e fotointerpretazione per la parte della regione in cui il campionamento è sistematico;

y_{patRf} è la superficie per tipo forestale stimata tramite dati a terra e fotointerpretazione per la parte della regione in cui il campionamento è casuale stratificato;

La varianza di y_{htRf} risulta dalla formula:

$$v(y_{htRf}) = \frac{N_h^2}{n_h(n_h - 1)} \frac{N_h - n_h}{N_h} \sum_{i=1}^{n_h} (y_{hti} - R_{ht} y_{hbi})^2$$

Mentre la varianza della superficie della tipologia t per l'intera regione è data da:

$$v(y_{tRf}) = v(y_{stRf}) + v(y_{patRf}).$$

I dati quantitativi.

L'elaborazione preliminare dei dati dendrometrici ed auxometrici.

Nell'ambito di ogni area relascopica sono stati determinati per ciascun soggetto censito il grado di rappresentatività ad ettaro per quanto riguarda gli attributi di numerosità, area basimetrica e volume. Poiché gli alberi di dimensioni ridotte erano stati esclusi dal campionamento l'incremento corrente di volume è stato stimato soltanto per i soggetti con altezza maggiore di 5 m e diametro superiore a 7,5 cm.

Il volume dei singoli alberi è stato determinato con l'ausilio delle tavole di cubatura a doppia entrata redatte dall'ISAFSA sulla base delle misurazione di 1230 alberi modello abbattuti nell'ambito dei rilievi inventariali. Dette tavole compilate per le principali specie della regione, o per gruppi di specie, forniscono, indipendentemente dalla forma di governo, il volume cormometrico del fusto compreso il cimale a partire dal diametro ad 1,30 e dall'altezza totale dell'albero. Riguardo a quest'ultimo parametro è stata utilizzata per la stima del volume dei singoli alberi o l'altezza misurata nel caso delle piante selezionate con il metodo 3P (*Probability Proportional to Prediction*) o, negli altri casi; quella stimata e corretta sulla base del campionamento a probabilità variabile.

L'incremento corrente dei singoli alberi campionati è stato determinato a partire dall'incremento percentuale di volume (p) calcolato mediante la formula del "metodo combinato esplicito" (HELLRIGL, 1986):

$$p = 100 \left(\frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta h}{h} \right)$$

in cui

p = incremento percentuale di volume;

Δd = incremento diametrico annuo;

d = diametro del fusto a 1,3 m;

Δh = incremento ipsometrico annuo;

h = altezza dell'albero;

Alla stima dell'incremento ipsometrico annuo si è pervenuti tramite la definizione di 25 espressioni di regressione dell'altezza totale sul diametro a 1,3 m, ciascuna riferita ad una specie o a gruppi di specie affini. Delle 10 funzioni utilizzate per spiegare in termini probabilistici la previsione dell'altezza sul diametro sono risultate più idonee le seguenti:

$$h = \frac{d^2}{a + bd + cd^2}$$

$$h = b_0 + (1 - e^{-b_1 x})^{b_2}$$

La prima equazione è stata utilizzata in 12 casi, la seconda in 13.

Determinato l'incremento percentuale degli alberi campione è stato calcolato, per ciascun gruppo di aree di saggio, l'incremento percentuale medio tramite la ponderazione dell'incremento percentuale con il volume individuale corrispondente. Al valore dell'incremento corrente si è giunti estendendo,

l'incremento percentuale così ottenuto a tutti gli alberi del cluster che superavano le dimensioni minime precedentemente citate e moltiplicando tale valore per il volume corrispettivo.

Nel caso di cluster privi di rilievi incrementali è stato stimato l'incremento percentuale di volume a partire dal solo diametro dell'albero. A tal fine sono state approntate 20 equazioni di regressione utilizzando le circa 8.000 osservazioni disponibili. Le equazioni impiegate, per singole specie o per gruppi di specie affini, sono state le seguenti:

$$I_p = b_0 d^{b_1} e^{b_2 d}$$

impiegata in 12 casi e

$$I_p = b_0 + \frac{b_1}{d}$$

nei restanti 8.

L'elaborazione preliminare degli attributi quantitativi si è conclusa con il calcolo dei valori per unità di superficie delle singole aree di saggio a raggio variabile mediante la formula generale:

$$y_{hij} = k \sum_{f=1}^{mhij} \frac{y_{hijf}}{g_{hijf}}$$

nella quale è:

y_{hij} = valore dell'attributo quantitativo nella j -esima area di saggio relascopica;

k = fattore di numerazione angolare;

$mhij$ = numero di alberi dell'area di saggio;

y_{hijf} = valore dell'attributo y osservato sull' f -esimo albero;

g_{hijf} = valore dell'area basimetrica dell' f -esimo albero.

L'elaborazione per i diversi tipi di bosco.

L'elaborazione degli attributi quantitativi per i diversi tipi di bosco, nell'ambito di ciascuna unità inventariale, ha inizialmente previsto la stima per cluster di aree di saggio, considerate come unità di primo stadio nella fase di campionamento al suolo, della variabile considerata.

Il valore del totale della variabile y (numero di alberi, area basimetrica, volume o incremento corrente) per l' i -esima unità primaria dell'unità inventariale h è stata ottenuta tramite la seguente formula:

$$y_{hi} = M_{hi} \sum_{j=1}^{m_{hi}} \frac{y_{hij}}{m_{hi}} .$$

In cui M_{hi} e y_{hij} sono definite come negli esempi precedenti e m_{hi} è uguale al numero di unità secondarie estratte nell' i -esima unità primaria (da 4 a 7).

Il valore del totale dell'attributo considerato è invece dato da:

$$y_h = \frac{N_h}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}$$

Mentre il valore del totale ad ettaro è stato calcolato mediante il rapporto:

$$R_{ettaroh} = \frac{Y_h}{\sup_h}$$

in cui \sup_h è il totale della superficie corrispondente.

La varianza dei valori ad ettaro così determinati è stata ottenuta mediante la formula:

$$V(R_{ettaroh}) = \frac{1}{\sup_h^2 n_h (n_h - 1)} \sum_{i=1}^{n_h} (y_{hi} - R_{ettaroh} y_{suhi})^2$$

Nella quale $R_{ettaroh} y_{suhi}$ è il prodotto del valore ad ettaro per la superficie corrispondente.

Nell'unità inventariale del Panaro, la procedura di elaborazione, viene eseguita separatamente per i due strati. Le formulazioni sono sostanzialmente analoghe con l'unica differenza di N_l (numero di unità primarie dello strato) che anche in questo caso, come per gli attributi qualitativi, è determinato dalla superficie dello strato divisa per l'area di ciascuna unità primaria.

Dalla stima degli attributi quantitativi per strato al totale per unità inventariale si perviene tramite la seguente espressione:

$$R_{ettaropa} = \sum_{l=1}^L \frac{N_l}{N_{pa}} \frac{Y_l}{\sup_l}$$

ove l è l'indice di strato e N_{pa} è il totale del numero di punti nell'unità inventariale del Panaro.

La varianza totale è invece espressa da:

$$V(R_{ettaropa}) = \sum_{l=1}^L \frac{N_l^2}{N_{pa}^2} V(R_{ettarol})$$

La stima degli attributi ad ettaro, e della relativa varianza, per l'intera Regione Emilia Romagna e per tutte le entità territoriali che comprendono parti rilevate con campionamento sistematico e parti

con campionamento casuale stratificato (province, comunità montane, demanio regionale ed aree protette) sono state ottenute nel modo seguente:

$$R_{ettaro} = \frac{N_s}{N} R_{ettaros} + \frac{N_{pa}}{N} R_{ettaropa}$$

$$V(R_{ettaro}) = \frac{N_s^2}{N^2} V(R_{ettaros}) + \frac{N_{pa}^2}{N^2} V(R_{ettaropa})$$

Ove $R_{ettaros}$ è il dato ad ettaro per l'intera zona in cui il campionamento al suolo è sistematico.