



ANNO XLI

N. 5 - SETTEMBRE-OTTOBRE 1990

MONTI E BOSCHI **Ricerca**

SOMMARIO

P. Corona - A. Ferrara

Ipsò: un programma per la perequazione analitica della curva ipsometrica, 50

Ipsò: a program for the analytical fitting of the height curve, 50

A. Buffoni - P. Giulini - G. Schenone

Bioaccumulo di elementi negli anelli legnosi nelle Alpi Centro Occidentali e stato nutritivo delle piante. Primi risultati, 55

Bioaccumulation of elements in annual tree rings of central and western alps and nutrition condition of trees. First results, 55

NORME PARTICOLARI PER LA COLLABORAZIONE A «LA RICERCA»

La Sezione «LA RICERCA» di Monti e Boschi pubblica lavori originali ed inediti riguardanti direttamente o indirettamente problemi di interesse scientifico.

L'accettazione dei lavori è subordinata al giudizio del Comitato di Redazione, che si avvale della collaborazione di esperti.

La rivista pubblica tutti i lavori in lingua italiana.

E necessario che i testi siano scritti in termini chiari, concisi, grammaticalmente corretti, conformi ad uno stile stringato.

La bibliografia deve essere limitata agli Autori citati nel testo, deve essere posta in ordine alfabetico il cognome del primo Autore e numerata progressivamente.

Tabelle, figure, grafici devono essere numerati ed accompagnati da un'esauriente didascalia.

I disegni, o grafici, devono essere tracciati in inchiostro nero di china su carta o cartoncino bianco, su carta patinata o su kodatrace. Tener conto, nel tracciare lo spessore delle righe dei disegni, della riduzione che dovrà essere fatta.

È vietata la riproduzione anche parziale degli articoli pubblicati, a meno di una autorizzazione scritta che viene concessa dall'Editore soltanto dopo una esplicita richiesta e con l'obbligo di citare la fonte.

Le bozze devono essere rispedite entro 5 giorni dalla data di spedizione, con il visto dell'Autore. Trascorso tale termine, la Redazione provvederà direttamente alla loro correzione.

Non sono previsti compensi e gli eventuali estratti sono a completo carico degli autori, che dovranno indicare l'esatta intestazione della fattura. Il Gruppo Edagricole potrà provvedere, su richiesta dell'interessato, a fornire gratuitamente la pellicola fotografica del testo dell'articolo stampato. Detta pellicola rimarrà di proprietà dell'autore dell'articolo.

I lavori e la corrispondenza dovranno essere indirizzati a:

**EDAGRICOLE - «Monti e Boschi»
Casella Postale 2157 - 40100 Bologna**

Ipsò: un programma per la perequazione analitica della curva ipsometrica

PIERMARIA CORONA - AGOSTINO FERRARA**Premessa**

La crescente disponibilità, a costi accessibili, di strumenti di calcolo elettronico potenti (quanto a capacità e velocità di elaborazione) ha contribuito al diffondersi, in molti campi applicativi, delle tecniche statistiche di trattamento dei dati.

Anche nel settore forestale si assiste a un crescente uso delle tecnologie informatiche applicate alle metodologie statistiche. Tale evoluzione riguarda anche l'interpretazione del rapporto intercorrente fra l'altezza e il diametro degli alberi nei popolamenti forestali, con l'impiego della perequazione analitica nella compensazione della funzione ipsometrica:

$$h = f(d)$$

dove: h = altezza totale del fusto; d = diametro a 1.30 m da terra.

Definito il modello strutturale in base a considerazioni interpretative di carattere dendrometrico, i parametri di questa funzione vengono oggi generalmente stimati mediante l'analisi di regressione con il metodo dei minimi quadrati ordinari.

Nella pratica operativa, il corretto uso dell'analisi di regressione ai fini dell'interpretazione quantitativa della relazione ipsometrica appare, comunque, ancora condizionato da una certa difficoltà di gestione delle molte procedure implementate nei programmi di statistica. Ad esempio, il controllo del rispetto degli assunti alla base della tecnica dei minimi quadrati ordinari è, spesso, trascurato, per le difficoltà di approccio alle procedure a tal fine implementate nei programmi di statistica, difficoltà che, di fatto, ne scoraggiano un corretto uso, almeno a livello operativo.

In questo contesto, è avvertita la necessità da parte di molti tecnici forestali (Bassato e De Luca, 1988) di disporre di «software» dedicato, che consenta di operare in maniera semplice e rapida, senza essere costretti ad una approfondita lettura di ponderosi manuali, e che presenti, quale caratteristica principale, quella di essere orientato

ad agevolare e accelerare non solo le operazioni di elaborazione dei dati, ma anche quelle di inserimento.

Al fine di mettere a disposizione dei tecnici forestali uno strumento per la perequazione analitica della curva ipsometrica sufficientemente flessibile ed evoluto, che, al contempo, non presentasse le difficoltà di utilizzo proprie dei «packages» di statistica più complessi, abbiamo realizzato uno specifico programma, denominato IPSO, di cui, di seguito, viene fornita una sintetica illustrazione: considerati gli scopi, vengono tralasciate le argomentazioni a carattere non strettamente applicativo.

Caratteristiche generali del programma*I modelli funzionali predisposti*

La scelta dei modelli funzionali predisposti in IPSO è derivata dalla volontà di mettere a disposizione modelli sufficientemente semplici, con finalità applicative e/o di supporto ad analisi esplorative.

Si è cercato, comunque, di predisporre un programma in grado di coprire gran parte della variabilità delle distribuzioni ipsodiametrichi. Al contempo, si è voluta offrire la possibilità di utilizzare IPSO anche nella interpretazione di altri fenomeni bivariati di interesse dendrometrico, quali le relazioni tra rapporto di snellezza e diametro a 1.30 m, tra diametro alla base del fusto e diametro a 1.30 m, ecc.

Per quanto riguarda specificatamente la relazione tra l'altezza dei fusti arborei e il loro diametro, va rilevato che la variabilità delle distribuzioni ipsodiametrichi è, in massima parte, determinata dalla specie, dalla struttura e dallo stadio evolutivo dei popolamenti cui si riferisce (Del Favero, 1980).

Sulla base di un'ampia indagine bibliografica e di un'analisi degli andamenti assunti dalle curve ipsometriche in popolamenti forestali italiani differenti per specie, densità, forma di governo e di trattamento (dati raccolti in occasione degli Inventari forestali delle Province di Varese, di Bergamo e di varie zone del Lazio) sono stati prescelti i modelli funzionali riportati in tabella 1. Secondo la classificazione di Del Favero (1980), questi modelli appartengono, nella loro configurazione di base, alla categoria delle funzioni razionali algebriche (modelli [1], [4], [5], [7], [8]), a quella delle funzioni algebriche razionalizzabili

Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale, Roma - S.A.F. (Gruppo E.N.C.C.).

Il lavoro è stato realizzato dagli Autori in parti uguali.

Tab. 1 - Modelli funzionali predisposti nel programma IPSO.

| | | |
|-----------------------------------|------------|-----|
| $y = a + b \cdot x$ | Michailoff | [1] |
| $y = a \cdot x^b$ | Prodan | [2] |
| $y = a \cdot (x/(x+1))^b$ | Curtis | [3] |
| $y = a + b \cdot \sqrt{x}$ | Curtis | [4] |
| $y = a + b \cdot \ln(x)$ | Curtis | [5] |
| $y = a \cdot \exp(b/x)$ | Curtis | [6] |
| $y = a + b \cdot x + c \cdot x^2$ | Staebler | [7] |
| $y = a + b/x + c/x^2$ | Curtis | [8] |

(modelli [2], [3]) e a quella delle funzioni semilogaritmiche (modello [6]).

Attraverso le opzioni di trasformazione delle variabili (opzioni implementate nel programma e facilmente gestibili), è possibile ampliare lo spettro interpretativo dei modelli predisposti. In particolare, il modello [1] può essere utilizzato nella perequazione delle distribuzioni ipsodiametriche attraverso le opzioni di trasformazione delle variabili. Ad esempio:

- elevando al quadrato il reciproco del diametro, si ottiene il modello funzionale $h = a + b/d^2$ (Prodan, 1965);
- elevando a un terzo il reciproco della differenza tra l'altezza totale e l'altezza a petto d'uomo si ottiene, in funzione del reciproco del diametro, il modello funzionale $1/(h-1.3)^{1/3} = a + b/d$ (Loetsch *et al.*, 1973) (1).

L'andamento dei modelli funzionali predisposti

Per quanto riguarda il significato ipsometrico degli andamenti dei modelli funzionali predisposti in IPSO, si rimanda agli studi di Prodan (1965), Curtis (1967), Loetsch *et al.* (1973) e, soprattutto, all'analisi condotta da Del Favero (1980): di seguito, si riassumono sinteticamente alcuni aspetti applicativi.

Tranne la funzione [1] nella sua configurazione di base, tutte le altre, almeno in parte del loro campo di esistenza, possono presentare un andamento analogo a quello canonico della curva ipsometrica, che deve svilupparsi nel primo quadrante degli assi cartesiani e deve essere crescente e concava verso il basso.

I modelli [2] e [3] comportano l'annullamento della variabile y per $x=0$. Il passaggio forzoso della curva ipsometrica per l'origine degli assi può avere delle ripercussioni indesiderate sull'aderenza della curva perequatrice nel campo reale dei valori rilevati (Del Favero, 1980). In particolare, in corrispondenza di bassi valori di d si possono avere valori di h anche inferiori a 1.30 m. D'altro canto, i modelli [1], [4], [5], [6], [7] ed [8] possono fornire, nel caso siano caratterizzati da un coefficiente a minore di 0, valori negativi di h in corrispondenza di bassi valori di d .

I modelli [3], [6] e [8] presentano un asintoto orizzontale in corrispondenza del limite superiore del loro campo di esistenza. Per quanto riguarda la curva ipsometrica, se l'asintoto si verifica per valori di h uguali o di poco superiori a quelli massimi rilevati, è frequente riscontrare un eccessivo e, generalmente, ingiustificato appiattimento della curva stessa.

Talora la presenza di tale asintoto può, comunque, essere di una certa utilità, ad esempio nell'ambito della perequazione ipsometrica in formazioni disetanee (Del Favero, 1980).

(1) Questo modello, che, esplicitando h , assume la forma $h = 1.3 + 1/(a + b/d^3)$, ha caratteristiche molto interessanti per lo studio della relazione altezza-diametro, anche se può presentare un punto di flesso e un asintoto, che, comunque, generalmente non disturbano il campo di normale impiego delle curve ipsometriche.

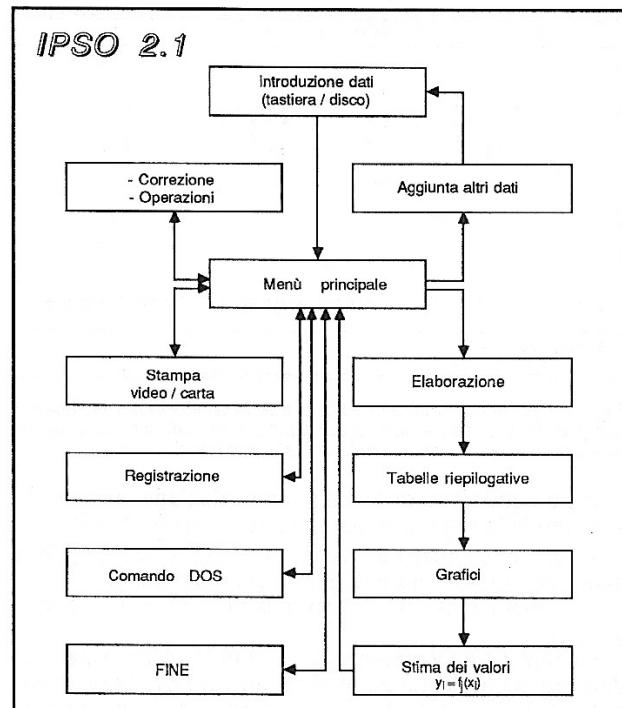


Fig. 1 - Moduli del programma IPSO.

Per quanto riguarda il raggio di curvatura, in linea generale, nel campo concreto di sviluppo della relazione ipsometrica, l'andamento, al crescere delle x , è crescente per il modello [4], decrescente per il modello [7] (almeno fino al suo punto di massimo) e variabile per tutti gli altri modelli (soprattutto in dipendenza delle unità di misura impiegate per l'espressione delle altezze e dei diametri).

Il modello [7] è, generalmente, in grado di garantire un'ottima aderenza ai dati sperimentali, ma può presentare un punto di massimo nel campo reale dei valori rilevati: nell'ambito della perequazione ipsometrica, ciò appare giustificato solo in situazioni del tutto particolari. Allo stesso modo, anche il modello [8] va impiegato con una certa cautela, dato che può presentare un punto di minimo e, successivamente a questo, un punto di flesso.

Il modello [4], oltre ad avere un andamento dalle caratteristiche ottimali rispetto a quello canonico della curva ipsometrica, presenta un buon adattamento alla variabilità del fenomeno ipsodiametrico come comunemente si esplica nei soprassuoli forestali dei nostri ambienti.

Gli indicatori statistici forniti dal programma

Per ogni modello funzionale, il programma fornisce una serie di indicatori statistici, volti a consentire:

- una descrizione dei dati inseriti;
- una valutazione dell'aderenza del modello all'andamento dei dati sperimentali;
- un controllo del rispetto dei vincoli imposti da una corretta applicazione del metodo dei minimi quadrati ordinari ai fini dell'analisi di regressione.

Per quanto riguarda la descrizione statistica dei dati inseriti, vengono forniti il valore medio e la deviazione standard della variabile indipendente e di quella dipendente.

| I P S O 2.1 | | Correzioni attivate | |
|---|---|---------------------|---|
| x = x * a | 1 | x = x / a | 2 |
| x = x + a | 3 | x = x ^ a | 4 |
| x = ln x | 5 | x = e ^ x | 6 |
| scambia x,y | 7 | y = y / x | 8 |
| * menu | 9 | | |
| la trasformazione modifica dati non registrati ! [8 per confermare] | | | |
| Scegli l'opzione | | | |

Fig. 2 - Esempio del menù che appare sullo schermo per la visualizzazione delle possibili operazioni aritmetiche sulle variabili; da notare una delle «sub» di controllo attivata con l'opzione 8.

Per quanto riguarda la valutazione dell'aderenza di ciascun modello rispetto ai dati inseriti, vengono forniti (2):

- l'errore standard di stima, $ess = \sqrt{(\sum(y_i - \hat{y}_i)^2/g)}$, dove g rappresentano i gradi di libertà del modello;
- il coefficiente di determinazione, $r^2 = 1 - \sum(y_i - \hat{y}_i)^2/\sum(y_i - \bar{y})^2$.

Il controllo dell'aderenza di ciascun modello rispetto ai dati sperimentali può essere direttamente effettuato anche attraverso la rappresentazione grafica del suo andamento, che viene visualizzata su schermo insieme con la posizione dei punti sperimentali.

La verifica del rispetto delle condizioni richieste per l'applicazione del metodo dei minimi quadrati ordinari riguarda essenzialmente il controllo dell'omogeneità della varianza dei valori della variabile dipendente y in corrispondenza di ogni valore della variabile indipendente x (condizione di omoscedasticità). Se questa condizione non è rispettata (cioè, se si ha eteroscedasticità), le stime dei parametri ottenute con i minimi quadrati ordinari sono inefficienti, ossia hanno varianze maggiori di quella minima. Il programma verifica la presenza di eteroscedasticità mediante il test di «Goldfeld-Quandt»(3). In sintesi, il test prevede che i dati vengano disposti in ordine crescente rispetto alla variabile x e che vengano effettuate due distinte regressioni, una per i valori $y-x$ compresi nel terzo inferiore del campo di variazione delle x e l'altro per quelli compresi nel terzo superiore. Il programma IPSO fornisce, per ogni modello funzionale, il valore del rapporto tra le varianze residue della seconda e della prima regressione ($Gold.$), con l'indicazione dei gradi di libertà. La significatività statistica di $Gold.$ indica presenza di eteroscedasticità e va verificata mediante l'impiego della distribuzione dell' F di Fisher. Se per un determinato modello funzionale il valore di $Gold.$ fornito da IPSO risulta significativo, per superare l'eteroscedasticità si può fare riferimento ad un altro modello che non dia luogo a tale fenomeno (ad esempio, utilizzando modelli che prevedano una implicita trasformazione logaritmica delle variabili) oppure si può direttamente ricorrere alla trasformazione delle variabili

(2) I valori utilizzati per il calcolo di questi indicatori sono sempre quelli naturali, anche nel caso dei modelli funzionali che implicano una trasformazione (ad esempio, logaritmica) dei dati di base.

(3) Affinché abbia un certo significato da un punto di vista statistico, questo indicatore viene calcolato solo quando il numero delle osservazioni è almeno uguale a 15: si fa, comunque, presente che il test di Goldfeld-Quandt è particolarmente appropriato per i grandi campioni (ossia, con $n \geq 30$).

| I P S O 2.1 | | Elaborazione funzioni | | | |
|--|-------------|-----------------------|---------------|--|--------|
| $f(x)$ | a | b | c | R^2 | ess |
| 1 | 12.0002458 | 0.4530420 | | 0.5827 | 2.1406 |
| 2 | 3.5040175 | 0.5889561 | | 0.6773 | 2.0728 |
| 3 | 42.8472728 | 15.1776509 | | 0.7703 | 1.8040 |
| 4 | -0.3564658 | 4.7594572 | | 0.6349 | 2.0022 |
| 5 | -15.7402669 | 12.2121083 | | 0.6637 | 1.6635 |
| 6 | 42.2902021 | -14.5415782 | | 0.7737 | 1.7928 |
| 7 | -14.2017732 | 2.5303305 | -0.0395300 | 0.8096 | 1.5048 |
| 8 | 26.5708719 | 121.1112398 | -4531.8368525 | 0.7976 | 1.5517 |
| media dei valori delle x = 25.56000 , dev. st. = 5.38023 | | | | media dei valori delle y = 23.58000 , dev. st. = 3.19312 | |
| Premi un tasto | | | | | |

Fig. 3 - Esempio della tabella che appare sullo schermo per il riepilogo dei parametri stimati per ciascun modello.

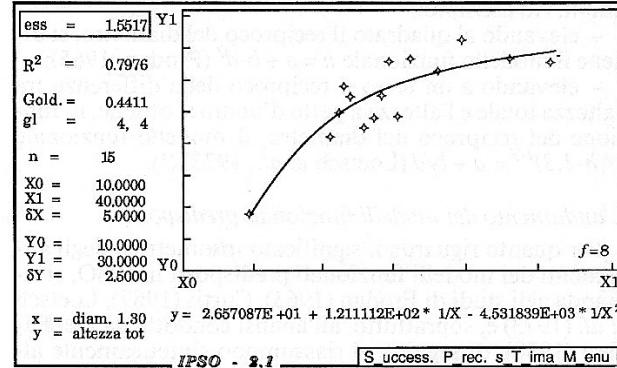


Fig. 4 - Esempio del grafico che appare sullo schermo per la visualizzazione dell'andamento di ciascun modello; da notare che nello stesso grafico vengono anche riportati la struttura matematica del modello stesso e gli indicatori statistici riguardanti l'aderenza del modello rispetto ai dati inseriti e la correttezza delle stime effettuate con i minimi quadrati ordinari.

in forma logaritmica o anche alla trasformazione della variabile dipendente mediante divisione per il corrispondente valore della variabile indipendente (ambedue le opzioni sono disponibili da programma). Nel caso, peraltro molto raro nell'ambito delle perequazioni ipsodiametrichi, che con i dati così trasformati si abbia ancora eteroscedasticità, è necessario ricorrere ad un metodo di perequazione più complesso di quello impiegato da IPSO, quale è il metodo dei minimi quadrati ponderati.

Da un punto di vista statistico, una rigorosa verifica del rispetto delle condizioni richieste per l'applicazione del metodo dei minimi quadrati ai fini dell'analisi di regressione dovrebbe riguardare anche (cfr. Del Favero e Tabacchi, 1982):

- l'interpretazione della relazione tra la variabile dipendente e la variabile indipendente da parte del modello funzionale considerato (ad esempio, nel caso dell'impiego del modello [1], le medie di tutti i valori y corrispondenti ad ogni valore x dovrebbero giacere su una retta);

- l'associazione tra i residui $y_i - \hat{y}_i$ e i residui $y_{i+1} - \hat{y}_{i+1}$ (condizione di assenza di autocorrelazione tra i residui);

- la distribuzione dei residui (condizione di normalità dei residui).

La verifica della prima condizione può essere condotta sulla base dell'andamento della dispersione dei valori y , visualizzabili sullo schermo insieme alla rappresentazione grafica del modello prescelto.

Relativamente alle altre due condizioni, peraltro generalmente soddisfatte nell'ambito dei comuni campionamenti ipsodiametrici, si osserva che una eventuale mancanza del loro rispetto non interferisce con l'efficienza delle stime dei parametri del modello (che risultano in ogni caso a minima varianza), acquistando effettiva importanza solo nel caso di test d'ipotesi su detti parametri e sui valori attesi: in tal senso, date le prevalenti finalità di impiego del programma, non si è ritenuto opportuno riportare, nella versione qui presentata, specifici indicatori statistici (come, ad esempio, il test «Blue di Theil» sull'autocorrelazione dei residui o il test «t di Student» sulla loro asimmetria e curtosi).

Uso del programma

Il programma, scritto in Quick Basic e successivamente compilato, lavora con un numero di osservazioni compreso tra 4 e 1000. Può essere impiegato su qualsiasi PC IBM o compatibile, con scheda CGA (o superiore) e almeno 640 Kbyte di memoria. Per quanto riguarda la definizione grafica, si è optato, nella versione qui presentata, per l'adozione di una risoluzione modesta, pur se ritenuta qualitativamente sufficiente: ciò al fine di consentire l'impiego del programma su una gamma molto ampia di PC, anche in quelli portatili con limitata gestione della grafica. Per la stampa dei dati introdotti e dei risultati elaborati è possibile utilizzare qualsiasi stampante grafica.

Particolare cura è stata posta nella realizzazione della «interfaccia utente», con l'adozione di un sistema di colloquio a menù molto semplice, assistito da messaggi di aiuto e dotato di «subroutines» di verifica e di controllo delle operazioni condotte.

All'avvio, il programma si pone automaticamente sul menu di introduzione dati. Questa operazione può avvenire attraverso la tastiera o tramite lettura da disco, qualora si vogliano riprendere dati precedentemente introdotti. Una volta introdotti i dati, il programma attiva le opzioni previste dal menu principale, le quali sottendono le operazioni di seguito descritte (fig. 1).

1 - *Re-introduzione dati.* Attraverso questa opzione è possibile: introdurre nuovi dati; recuperare dati già registrati in precedenza; aggiungere altri dati a quelli presenti in memoria; unire dati di differenti «files».

2 - *Stampa.* Questa opzione comanda, con differenti modalità, la stampa dei dati descrittivi e numerici, su video o su carta.

3 - *Correzione.* Questa opzione attiva un sottomenu attraverso il quale è possibile cancellare o correggere le intestazioni e/o i nomi e/o i valori delle variabili ed eseguire operazioni sulle variabili stesse. In figura 2 è riportato il menu relativo alle operazioni aritmetiche. Oltre alle quattro operazioni, all'elevazione a varie potenze, al logaritmo naturale e all'antilogaritmo, è presente un'opzione per invertire le variabili, trasformando la variabile dipendente in indipendente e viceversa, e un'altra per il calcolo del rapporto tra le due variabili. Sono previsti una serie di controlli sulla esattezza e la congruità delle operazioni condotte.

4 - *Registrazione.* Questa opzione permette di registrare i dati introdotti, con la semplice digitazione del nome del «file» (senza estensione ed eventualmente preceduto dal

nome del disco e/o del «percorso»), permettendo successive elaborazioni o aggiornamenti (4).

5 - *Elaborazione.* Vengono stimati i parametri di ciascun modello e i corrispondenti valori degli indicatori statistici. Tutti questi valori sono riassunti sullo schermo in una tabella, che riporta anche la media e la deviazione standard dei valori delle x e delle y (fig. 3). Di seguito, viene presentato in forma grafica sullo schermo l'andamento dei vari modelli (fig. 4), che vengono visualizzati singolarmente, in ordine crescente rispetto all'errore standard di stima (*ess*) che li caratterizza. Per ciascun modello, il grafico riporta anche i valori dei parametri e degli indicatori statistici ed, inoltre, può consentire la visualizzazione della posizione dei punti sperimentali. Per quanto concerne la parte di visualizzazione grafica, è possibile accedere alle seguenti opzioni:

- calcolo automatico dei parametri di visualizzazione;
- ridefinizione delle origini (X_0 , Y_0), dell'ampiezza (X_0-X_1 , Y_0-Y_1) e della suddivisione (δX , δY) degli assi (ad esempio, per consentire l'analisi comparata di modelli elaborati su differenti campioni);
- scelta per la visualizzazione o meno della posizione dei punti sperimentali sul grafico;
- possibilità di visualizzare singolarmente (in successione) o di sovrapporre simultaneamente gli andamenti dei vari modelli;
- stima del valore della variabile dipendente y in corrispondenza di un qualsiasi valore della variabile indipendente x , purché interno al campo di visualizzazione delle x stesse.

6 - *Fine.* Termina la sessione di lavoro. Il programma può essere abbandonato anche nell'ambito di alcune fasi di lavoro premendo il tasto F1 (in questo caso è attiva una «subroutine» di controllo, per evitare perdite indesiderate di dati).

7 - *Comando DOS.* È possibile sospendere, temporaneamente, l'esecuzione di IPSO e richiamare l'interprete del DOS (questa opzione è attiva solo dopo aver registrato i dati): ciò può servire, ad esempio, per cambiare «directory», per copiare dei «files», per formattare un dischetto, ecc.

Discussione e conclusioni

Uno dei principali vantaggi offerti dall'utilizzazione di IPSO consiste nel fatto che, oltre a una veloce e semplice gestione dell'introduzione e dell'elaborazione dei dati, esso consente contemporaneamente la visualizzazione, in successione, dell'andamento dei modelli funzionali implementati e il controllo statistico della loro aderenza rispetto ai dati sperimentali.

In tal modo, viene agevolato il confronto tra modelli, per la scelta di quello più rispondente in un dato popolamento. Con questo programma, infatti, tale scelta può avvenire non solo in base ai valori di *ess*, ma anche in funzione dell'effettivo andamento di ciascun modello nel campo reale dei dati introdotti. Tutto ciò senza dover accedere a diverse procedure, avendo anche la possibilità di verificare immediatamente la correttezza delle stime condotte con il metodo dei minimi quadrati ordinari, tramite l'analisi degli appositi indicatori riportati.

(4) Si consiglia di registrare sempre i dati appena finita la fase della loro introduzione.

Va ribadito, comunque, che il programma rappresenta solo un ausilio operativo e che la perequazione ipsometrica va sempre guidata sulla base di considerazioni interpretative a carattere dendrometrico (Del Favero, 1980).

I dati introdotti con IPSO possono essere letti, come «files» ASCII, da altri programmi di archiviazione e elaborazione dati (ad esempio, LOTUS, EXCEL, ecc.), consentendone ulteriori analisi e presentazioni grafiche.

Come accennato, se si esclude la retta, i modelli funzionali predisposti in IPSO sono specificatamente in grado di interpretare il fenomeno ipsodiametrico dei principali aspetti in cui si presenta nella realtà: gli stessi modelli possono, comunque, essere utilizzati anche per la perequazione analitica di altre relazioni bivariate, di interesse dendrometrico e non.

Si ringraziano il prof. O. La Marca (Università di Firenze) e il dr. G. Tabacchi (ISAFA, Trento) per i suggerimenti forniti nella revisione del programma.

Il programma può essere richiesto al Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale, Via Casalotti 300, 00166 Roma.

RIASSUNTO

La crescente disponibilità, a costi accessibili, di strumenti di calcolo elettronico potenti ha contribuito al diffondersi delle tecniche statistiche di elaborazione dei dati. Tale evoluzione è riscontrabile anche nei riguardi delle metodologie di interpretazione dei rapporti intercorrenti fra l'altezza e il diametro degli alberi nei popolamenti forestali, con un crescente impiego delle tecniche di perequazione analitica per la compensazione della curva ipsometrica.

In questo contesto, si avvertiva la necessità di disporre, a livello operativo e di analisi esplorativa, di «software» dedicato, che non presentasse le difficoltà di utilizzo proprie dei «packages» di statistica più complessi. A tal fine, è stato realizzato uno specifico programma per la perequazione

della curva ipsometrica con il metodo dei minimi quadrati ordinari. Nella presente nota viene fornita una sintetica illustrazione di questo programma, denominato IPSO.

I modelli funzionali predisposti in IPSO sono specificatamente in grado di interpretare il fenomeno ipsodiametrico nelle principali realtà operative e possono essere anche utilizzati per la perequazione analitica di altre relazioni bivariate, di interesse dendrometrico e non.

SUMMARY

IPSO: A PROGRAM FOR THE ANALYTICAL FITTING OF THE HEIGHT CURVE

Advanced hardware increasing availability at reasonable costs has helped to spread data processing statistical methods. The same applies to tree height-diameter relationships, for which an ever larger use of the analytical fitting of the height curve is observed.

In this sense, the need was felt for dedicated software not showing the difficulties that, on the contrary, are peculiar to complex statistical packages. To this end, a specific program for the fitting of the height curve by the ordinary least squares has been developed. Of such program, called IPSO, this paper provides a synthetic illustration.

IPSO functional models are able to interpret tree height-diameter relationship in its main operational aspects. They can also be used for analytical fitting of other bivariate relationships, of dendrometrical interest or not.

BIBLIOGRAFIA

- Bassato G. & De Luca D. (1988) - *Programma per l'archiviazione e l'elaborazione di dati dendro-auxometrici*. Monti e Boschi 39 (6): 37-42.
Curtis R.O. (1967) - *Height-diameter and height-diameter-age equations for second growth Douglas-fir*. Forest Science 13 (4): 365-75.
Del Favero R. (1980) - *Indagine sulle funzioni impiegate nella perequazione della curva ipsometrica*. Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali 29: 321-41.
Del Favero R. & Tabacchi G. (1982) - *Su alcuni aspetti metodologici dell'analisi della regressione con riferimento ad applicazioni d'interesse dendrometrico*. Annali dell'Istituto Sperimentale per l'Assestanto Forestale e per l'Alpicoltura 8: 104-39.
Loetsch F., Zöher F. & Haller K.E. (1973) - *Forest Inventory*. Vol. II. BLV Verlagsgesellschaft, München.
Prodan M. (1965) - *Holzmesslehre*. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.