OBIECTIVIZAREA DECIZIILOR ÎN PLANIFICAREA AMENAJISTICĂ CU AJUTORUL PROGRAMĂRII MATEMATICE

Ing. I. SECELEANU

Complexitatea proceselor biologice care se desfăşoară în pădure, multitudinea factorilor ce intercondiţionează aceste procese, caracterul aleatoriu al majorităţii factorilor, lungimea foarte mare a duratei acestor procese, sînt doar cîteva din elementele ce trebuie luate în considerare în transformarea pădurii sub aspect structural, în vederea măririi eficienţei. Pentru realizarea acestui obiectiv, amenajamentul trebuie să dispună de un complex de metode şi tehnici corespunzătoare, atît obţinerii informaţiilor de caracterizare a stării reale şi normale a pădurii, cît şi fundamentării ştiinţifice a măsurilor necesare realizării unui acord deplin între forma organizatorică şi obiectivele economice.

Procedeele matematice, cunoscute în literatura sub denumirea de „cercetări operaţionale", dau posibilitatea stabilirii unor elemente cantitative obiective, necesare în luarea deciziilor.

Rezultatele obţinute în direcţia stabilirii posibilităţilor de aplicare a programării matematice în planificarea amenajistică sînt prezentate în continuare.

1. DETERMINAREA MĂRIMII POSIBILITĂŢII DE PRODUSE LEMNOASE LA PĂDURILE DE CODRU REGULAT CU AJUTORUL PROGRAMĂRII MATEMATICE

Volumul de material lemnos stabilit a se recolta în ideea realizării sau menţinerii unei stări normale a fondului de producţie se numeşte posibilitate. Modelarea matematică a problemei determinării posibilităţii de produse principale trebuie să ia în considerare următoarea formulare :

— să se determine mărimea cantităţii de produse lemnoase ce se poate recolta dintr-o unitate de producţie, în ideea recoltării arboretelor în jurul vîrstei exploatabilităţii, asigurării continuităţii recoltării, folosirii potenţialului staţional şi asigurării unei creşteri maxime a fondului de producţie.

1.1. MODELE MATEMATICE DE DETERMINARE A POSIBILITĂŢII DE PRODUSE PRINCIPALE

Preocupări de acest gen se găsesc atît în străinătate cît şi în ţara noastră [2, 4].

În raport cu procedeele de programare matematică utilizate, modelele proiectate de noi pot fi grupate în 2 mari clase.

1.1.1. Modele rezolvabile cu ajutorul programării liniare unidimensionale. Caracteristic modelelor de programare liniară unidimensională este existenta unei singure funcţii-scop.

În raport cu obiectivul urmărit (concretizat în formularea funcţiei de optimizare) şi cu condiţiile tehnico-economice ale problemei studiate s-au stabilit următoarele modele :

A. MODELE DE DETERMINARE A POSIBILITĂŢII PRIN MAXIMIZAREA CREŞTERII — DEPOMAC

În scopul formulării modelului matematic introducem notaţiile :

i — indicele unităţii amenajistice ; $i=1,...,n$, unde „n" este numărul de unităţi amenajistice ce alcătuiesc unitatea de gospodărire ;

j — indicele perioadei ; $j=1,...,m$, unde „m" se determină în raport de mărimea perioadei şi a ciclului. În funcţie de precizia urmărită şi de capacitatea calculatorului, se pot adopta intervale de 5, 10 sau 20 ani ;

s_i — suprafaţa unităţii amenajistice „i" ; evident $\sum_{i=1}^{n} s_i = S$, unde S — suprafaţa fondului de producţie ;

v_{ij} — volumul unitar al arboretului din unitatea amenajistică „i" ce se poate exploata în perioada „j" ;

c_{ij} — creşterea curentă pe perioadă „j" a arboretului principal din unitatea amenajistică „i" ;

x_{ij} — suprafaţa cu arboret din unitatea amenajistică „i" ce se exploatează în perioada „j" ;

k_{ij} — creşterea curentă pe perioada „j" a sortimentului-ţel în arboretul din unitatea amenajistică „i" ;

a_i — coeficient de corecţie a suprafeţei din unitatea amenajistică „i" ;

e_i — vîrsta exploatabilităţii arboretului din unitatea amenajistică „i" ;

r — mărimea ciclului adoptat pentru unitatea de gospodărire.

Utilizînd notațiile de mai sus, modelul matematic, în exprimare algebrică are următoarea descriere :

Funcția de optimizat: maximizarea creșterii curente pe perioadă a arboretelor ce se recoltează în decursul unui ciclu.

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} c_{ij}\, x_{ij} \longrightarrow \max. \tag{1.1}$$

Restricțiile modelului:

1) Suprafața exploatată în decursul unui ciclu, din cadrul unei unități amenajistice, să fie cel mult egală cu suprafața unității amenajistice :

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leqslant s_i \quad \text{pentru } i = 1, \ldots, n \tag{1.2}$$

Deoarece între vîrsta exploatabilității unui arboret și mărimea ciclului de producție nu există identitate, introducem un corectiv la (1.2) determinat de raportul dintre durata ciclului și vîrsta exploatabilității :

$$a_i = \frac{r}{e_i} \quad \text{pentru } i = 1, \ldots, n \tag{1.3}$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = a_i\, s_i \quad \text{pentru } i = 1, \ldots, n \tag{1.4}$$

2) Asigurarea continuității cu respectarea egalității recoltelor de la o perioadă la alta.

$$\sum_{i=1}^{n} (v_{ij}\, x_{ij} - x_{ij+1}\, x_{ij+1}) = 0 \quad \text{pentru } j = 1, \ldots, m-1 \tag{1.5}$$

Deoarece respectarea egalității recoltelor imprimă un caracter rigid modelului matematic, introducem restricția ca între recoltele a 2 perioade consecutive să existe o diferență cel mult egală cu δ.

$$\left.\begin{aligned} &\sum_{i=1}^{n} (v_{ij}\, x_{ij} - v_{ij+1}\, x_{ij+1}) \geqslant 0 \\ &\sum_{i=1}^{n} (v_{ij}\, x_{ij} - v_{ij+1}\, x_{ij+1}) \leqslant \delta \end{aligned}\right| \quad \text{pentru } j = 1, \ldots, m-1 \tag{1.6}$$

3) Restricția logică de nenegativitate :

$$x_{ij} \geqslant 0 \quad \text{pentru } i = 1, \ldots, n \quad \text{și} \quad j = 1, \ldots, m \tag{1.7}$$

Asupra coeficienților v_{ij} și e_i se fac următoarele precizări :

— volumul unitar v_{ij} se calculează în raport cu speciile, clasele de producție și indicele de consistență reali. Volumul în perioada „*j*" se poate obține prin adăugarea la volumul actual a echivalentului creșterii principale în intervalul rămas pînă la exploatabilitate. O altă posibilitate de determinare a volumului este aceea a utilizării ecuaţiilor de regresie descrise în (6) ;

— pentru perioadele în care arboretele au vîrsta sub cea a exploatabilităţii (luînd în considerare şi sacrificiul de exploatabilitate admis), coeficienţii v_{ij} sînt nuli ;

— vîrstele exploatabilităţii arboretelor se stabilesc în raport cu valorile calculate în (5).

În raport cu sortimentul-ţel, fixat a se recolta în unitatea de gospodărire, funcţia obiectiv poate urmări maximizarea creşterii sortimentului-ţel în arboretele ce se vor exploata în decursul ciclului ;

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} k_{ij} x_{ij} \longrightarrow \max. \tag{1.8}$$

Din combinaţia funcţiilor-obiectiv (1.1), (1.8) cu ecuaţiile de restricţie (1.2) — (1.7) s-au obţinut un număr de 4 modele matematice de tip DEPOMAC.

B. MODELE DE DETERMINARE A POSIBILITĂŢII PRIN MINIMALIZAREA SACRIFICIILOR DE EXPLOATABILITATE — DEPOMIS

Respectînd condiţiile tehnico-economice ale modelului DEPOMAC şi luînd în considerare sacrificiile de exploatabilitate a arboretelor ce se fac în vederea asigurării continuităţii, s-au proiectat noi modele ale căror funcţii-obiectiv urmăresc minimizarea sacrificiilor de exploatabilitate

Introducem, în plus, notaţia :

b_{ij} — sacrificiul de exploatabilitate ce se face prin recoltarea arboretului din unitatea amenajistică „*i*" în perioada „*j*". Coeficienţii b_{ij} pot reprezenta :

— număr de ani calculat ca diferenţă între vîrsta exploatabilităţii şi vîrsta arboretului în perioada „*j*" ;

— pierdere de creştere (în m^3) produsă prin recoltarea la altă vîrstă decît cea a exploatabilităţii ; creşterea poate fi exprimată în masă lemnoasă brută sau în sortiment-ţel ;

— pierdere valorică produsă prin recoltarea la o altă vîrstă decît cea a exploatabilităţii ; se calculează prin însumarea valorii pierderilor de creştere şi a valorii efectelor negative secundare cauzate de recoltarea arboretului.

Funcţia-obiectiv ia următoarea înfăţişare :

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} b_{ij} x_{ij} \longrightarrow \min. \tag{1.9}$$

Luînd în considerare ecuaţiile de restricţie (1.2) — (1.7), precum şi cele 3 modalităţi de exprimare ale coeficienţilor b_{ij}, s-au obţinut 6 modele matematice de determinare a posibilităţii de tip DEPOMIS.

C. MODELE DE DETERMINARE A POSIBILITĂŢII PRIN MAXIMIZAREA VALORII — DEPOMAV

Exprimînd aportul creşterii pe perioadă a arboretelor fondului de producţie sub formă valorică, se poate descrie un model a cărui funcţie-obiectiv urmăreşte maximizarea valorii creşterii fondului de producţie în decursul ciclului.

Introducem notaţia :

P_{ij} — valoarea creşterii pe perioadă a arboretului din unitatea amenajistică „i“ în cazul recoltării lui în perioada „j“ ; coeficienţii P_{ij} se pot stabili în 2 variante :

— ca produs dintre creşterea arboretului şi taxa medie pe specii, nediferenţiată în raport cu structura pe sortimente ;

— ca produs dintre volumul sortimentelor ce se obţin din creşterea pe perioadă şi valoarea unitară a sortimentelor corespunzătoare.

Funcţia-obiectiv are următoarea expresie ;

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} P_{ij} x_{ij} \longrightarrow \max. \tag{1.10}$$

Modelele de tip DEPOMAV sînt alcătuite din relaţiile descrise în (1.10) şi (1.2) — (1.7). Variante a acestor modele se obţin luîndu-se în considerare posibilităţile de exprimare ale coeficienţilor P_{ij}.

D. ALTE MODELE DE DETERMINARE A POSIBILITĂŢII

Modelele prezentate au luat în considerare întregul fond de producţie. Se pot stabili şi modele matematice ce introduc în calcul doar o parte din fondul de producţie. Pentru aceasta este necesară determinarea, cu anticipaţie, a unităţilor amenajistice ale căror arborete devin exploatabile în următorii 40 şi 60 de ani. Structura modelelor rămine în principal aceeaşi, modificîndu-se doar limitele de variaţie a indicilor „i“ şi „j“.

Astfel, pentru asigurarea continuităţii pe 40 şi 60 de ani, limită superioară a intervalului de variaţie a indicelui „i“ este q_1 şi respectiv q_2 ; unde q_1 şi q_2 reprezintă numărul de unităţi amenajistice ale căror arborete devin exploatabile în intervalele menţionate. De remarcat că aceste modele nu sînt aplicabile în situaţia unui fond de producţie cu excedent de arborete exploatabile în intervalul de 40 şi respectiv 60 de ani.

1.1.2. **Modele rezolvabile cu ajutorul programării liniare multidimensionale.** Problema de programare liniară multidimensională, cunoscută şi sub denumirea de programare matematică cu criterii de optim multiple, constă în luarea în considerare, simultan, a mai multor criterii de optimizare. Sub raport teoretic, o astfel de problemă îşi face apariţia la începutul anilor '60, ajungîndu-se astăzi să existe mai multe metode de rezolvare, fiecare corespunzînd unui anumit punct de vedere asupra optimului multidimensional.

O problemă de programare liniară multidimensională, în transpunere matricială, are următoarea formulare :

$$AX = B \tag{1.11}$$

$$x \geqslant 0 \qquad x = (x_1, \ldots, x_n) \tag{1.12}$$

pentru ecuaţiile de restricţie iar ca funcţii de optimizat : (optim)

$$F_k = \sum_{j=1}^{n} C_{kj}\, x_j \text{ pentru } k = 1, \ldots, z \tag{1.13}$$

Relaţia (1.13) reprezintă „z" funcţii-obiectiv ce exprimă mărimi distincte şi nereductibile la o mărime comună. A rezolva o astfel de problemă înseamnă a găsi un vector $S^x = (x_1^x, \ldots, x_n^x)$ care să verifice sistemul (1.11), (1.12) şi să fie cît mai bun, din punct de vedere al ansamblului funcţiilor obiectiv F_k, $k = 1, \ldots, z$.

Plecînd de la aceste considerente şi analizînd problema determinării posibilităţii de produse lemnoase, s-a proiectat un model matematic rezolvabil prin intermediul procedeelor de programare liniară multidimensională.

Folosind notaţiile preconizate în 1.1.1. obţinem :

$$\left.\begin{aligned} &\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leqslant a_i s_i, \text{ pentru } i = 1, \ldots, n \\ &\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} x_{ij} - v_{ij+1} x_{ij+1}) \geqslant 0, \text{ pentru } j = 1, \ldots, m \\ &\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} x_{ij} - v_{ij+1} x_{ij+1}) \leqslant \delta, \text{ pentru } j = 1, \ldots, m \end{aligned}\right\} \tag{1.14}$$

$$\left.\begin{aligned} &\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leqslant a_i s_i, \text{ pentru } i = 1, \ldots, n \\ &\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} x_{ij} - v_{ij+1} x_{ij+1}) = 0, \text{ pentru } j = 1, \ldots, m \end{aligned}\right\} \tag{1.15}$$

$$x_{ij} \geqslant 0, \text{ pentru } i = 1, \ldots, n \text{ şi } j = 1, \ldots, m \tag{1.16}$$

la care se adaugă :

$$\text{(optim) } F_k = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} U_{ijk}\, x_{ij}, \text{ pentru } k = 1,2,3. \tag{1.17}$$

În raport cu valoarea lui k, funcțiile obiectiv sînt :

$$\left.\begin{array}{llll}
k=1 & U_{1ij}=c_{ij} & \text{şi} & \max F_1=\sum\limits_{i=1}^{n}\sum\limits_{j=1}^{m} c_{ij}x_{ij} \\
k=2 & U_{2ij}=b_{ij} & \text{şi} & \min F_2=\sum\limits_{i=1}^{n}\sum\limits_{i=1}^{m} b_{ij}x_{ij} \\
k=3 & U_{3ij}=P_{ij} & \text{şi} & \max F_3=\sum\limits_{i=1}^{n}\sum\limits_{j=1}^{m} P_{ij}x_{ij}.
\end{array}\right\} \tag{1.18}$$

Relațiile (1.14), (1.16), (1.17) și (1.15), (1.16), (1.17) definesc 2 modele matematice rezolvabile cu ajutorul programării liniare multidimensionale.

Deoarece coeficienții c_{ij}, b_{ij}, P_{ij} pot fi calculați în diverse modalități (prezentate în 1.1.1), rezultă o serie de variante ale acestor modele.

Soluțiile acestor modele sînt superioare celor obținute prin programarea liniară unidimensională.

2. STABILIREA ARBORETELOR CE URMEAZĂ A FI INCLUSE ÎN PLANUL DE RECOLTARE

Recoltarea echivalentului posibilității de produse lemnoase se face în condițiile stabilite prin planul de recoltare. Încadrarea arboretelor în acest plan este condiționată de starea de vegetație, starea regenerării, vîrsta exploatabilității, productivitatea arboretelor, bonitatea stațiunii, consistența arboretelor etc. și poate fi abordată cu ajutorul modelelor matematice de decizie.

2.1. MODELE REZOLVABILE CU AJUTORUL PROGRAMĂRII LINIARE UNIDIMENSIONALE

Alegerea arboretelor și eșalonarea lor în timp, pe durata perioadei de plan, în raport cu condițiile tehnico-economice analizate, reclamă stabilirea criteriilor în funcție de care să se obțină varianta optimă. Criteriul general este conducerea optimă a fondului de producție spre starea normală.

În vederea proiectării unor modele matematice de stabilire a arboretelor ce se includ în planul de recoltare, introducem notațiile :

i — indicele unității amenajistice, $i=1,...,n$;

j — indicele anului din perioada de plan, $j=1,...,k$, unde k = = numărul de ani din perioadă ;

s_i — suprafața unității amenajistice ;

v_i — volumul unitar al arboretului din unitatea amenajistică „i";

x_i — suprafața de pe care se recoltează masa lemnoasă în perioada de plan din unitatea amenajistică „i" ;

u_i — coeficientul de urgență de regenerare al arboretului din unitatea amenajistică „i“ ;

d_i — sacrificiul de exploatabilitate, în valoare absolută, ce se face prin exploatarea arboretului din unitatea amenajistică „i“ în perioda de plan ;

c_i — cheltuielile necesitate de asigurarea accesibilității în arboretul din unitatea amenajistică „i“ ;

x_{ij} — suprafața de arboret din unitatea amenajistică „i“ ce se parcurge cu tăieri de regenerare în anul „j“ ;

v_{ij} — volumul unitar al arboretului din unitatea amenajistică „i“ în momentul „j“ al perioadei de plan ;

z_i — volumul total (inclusiv creșterea curentă pe jumătate de perioadă) al arboretului din unitatea amenajistică „i“ ;

b_i — coeficient specific tratamentului ce se aplică arboretului din unitatea amenajistică „i“, $b_i \leqslant 1{,}0$;

u_{ij} — coeficientul de urgență de regenerare al arboretului din unitatea amenajistică „i“ în anul „j“ ;

d_{ij} — sacrificiul de exploatabilitate, în valoare absolută, ce se face prin exploatarea arboretului din unitatea amenajistică „i“ în anul „j“ ;

P — mărimea posibilității în perioada de plan.

Pe baza acestor notații putem formula următoarele ecuații de restricție :

$$\sum_{i=1}^{n} x_i v_i = P \tag{2.1}$$

$$\left.\begin{array}{l} x_i \leqslant s_i \\ x_i \geqslant 0 \end{array}\right\} \text{ pentru } i = 1,\dots, n \tag{2.2}$$

precum și funcțiile obiectiv :

$$\sum_{i=1}^{n} x_i u_i \longrightarrow \min \tag{2.3}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i d_i \longrightarrow \min \tag{2.4}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i c_i \longrightarrow \min \tag{2.5}$$

Relațiile (2.1), (2.2) determină cu fiecare din expresiile (2.3), (2.4) și (2.5) cîte un model ale cărui soluții vor indica arboretele ce se includ în planul de recoltare.

Bazați pe aceleași notații, prezentăm cîteva modele matematice care stabilesc în plus și ordinea temporală de parcurgere cu tăieri de regenerare în perioada de plan.

Ecuațiile de restricții au următoarele expresii :

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{k} x_{ij} v_{ij} = P \tag{2.6}$$

$$\sum_{j=1}^{k} x_{ij} v_{ij} \leqslant b_i z_i, \text{ pentru } i = 1,\ldots,n \tag{2.7}$$

$$\sum_{j=1}^{k} x_{ij} \leqslant s_i, \text{ pentru } i = 1,\ldots, n \tag{2.8}$$

$$x_{ij} \geqslant 0, \text{ pentru } i = 1,\ldots, n \text{ și } j = 1,\ldots, k \tag{2.9}$$

Funcțiile-obiectiv corespunzătoare sînt :

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{k} x_{ij} u_{ij} \longrightarrow \min. \tag{2.10}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{k} x_{ij} d_{ij} \longrightarrow \min. \tag{2.11}$$

Asociind funcțiilor-obiectiv, definite prin relațiile (2.9) și (2.10), sistemul de restricții format din relațiile (2.6), (2.7), (2.8) și (2.9), obținem 2 modele matematice ale căror soluții stabilesc amplasarea spațială a tăierilor de regenerare, precum și ordinea temporală de parcurgere a arboretelor în decursul perioadei de plan.

2.2. MODELE REZOLVABILE CU AJUTORUL PROGRAMĂRII LINIARE MULTIDIMENSIONALE

Complexitatea problemei stabilirii arboretelor ce se includ în planul de recoltare este subliniată și de faptul că există mai multe posibilități de exprimare a funcției-obiectiv. Soluțiile modelelor prezentate în 3.1 sînt optime doar în raport cu funcția-obiectiv ; pentru un caz dat soluțiile modelelor vor diferi între ele. În ideea înlăturării acestui inconvenient, prezentăm 2 modele rezolvabile prin programarea liniară multidimensională, ale căror soluții vor indica un optim global din punct de vedere al ansamblului de funcții-obiectiv.

Un prim model multidimensional de stabilire a arboretelor ce se includ în planul de recoltare are următoarea înfățișare :

$$\sum_{i=1}^{n} x_i v_i = P \tag{2.12}$$

$$\left.\begin{array}{l} x_i \leqslant s_i \\ x_i \geqslant 0 \end{array}\right\} \text{ pentru } i = 1,\ldots, n \tag{2.13}$$

$$(\text{optim})\ E_k = \sum_{i=1}^{n} f_{ik} x_i \text{ pentru } k = 1,2,3. \tag{2.14}$$

În raport cu valoarea lui k se obține :

$$\left.\begin{array}{lll} k=1 & f_{i1}=u_i & \text{și } \min E_1=\sum_{i=1}^{n} u_i x_i \\ k=2 & f_{i2}=d_i & \text{și } \min\cdot E_2=\sum_{i=1}^{n} d_i x_i \\ k=3 & f_{i3}=c_i & \text{și } \min.\ E_3=\sum_{i=1}^{n} c_i x_i \end{array}\right\} \tag{2.15}$$

Modelul matematic multidimensional de stabilire a amplasării spațiale și a ordinei temporale de parcurgere cu tăieri de regenerare, în exprimare algebrică, este format din ecuațiile de restricție descrise în relațiile (2.6) — (2.9) la care se adaugă :

$$(\text{optim})\ F_r=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} f_{ijr}\,x_{ij},\ \text{pentru } r=1,2,3. \tag{2.16}$$

Explicitînd relația (2.16) în raport cu valoarea lui r obținem :

$$\left.\begin{array}{lll} r=1 & f_{ij1}=u_{ij} & \text{și } \min.\ F_1=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} u_{ij}\,x_{ij} \\ r=2 & f_{ij2}=d_{ij} & \text{și } \min.\ F_2=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} d_{ij}\,x_{ij} \\ r=3 & f_{ij3}=c_i & \text{și } \min.\ F_3=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} c_i\,x_{ij} \end{array}\right\} \tag{2.17}$$

Asupra modului de calcul al coeficienților ecuațiilor de restricție și ai funcțiilor-obiectiv ce alcătuiesc modelele matematice de stabilire a arboretelor în planul de recoltare, se fac următoarele considerații :

— volumele unitare v_i se calculează adăugîndu-se la volumul actual creșterea curentă pe jumătate de perioadă ;

— volumele v_{ij} se calculează prin adăugarea la volumul unitar actual a unei cantități egale cu creșterea în volum a arboretului de la începutul perioadei și pînă în momentul „j" ;

— coeficienții urgenței de regenerare u_i și u_{ij} se pot calcula în raport cu efectul negativ produs prin neparcurgerea cu tăieri de regenerare a arboretului din unitatea amenajistică „i" în momentul „j" al aceleiași perioade. Efectul negativ poate fi exprimat în valori absolute sau relative ;

— coeficientul c_i reprezintă cota de cheltuieli ce revine unui hectar de arboret, prin construirea unei instalații de transport necesară pentru asigurarea accesibilității. Se calculează prin raportarea cheltuielilor totale necesare investiției, la suprafața de pădure a cărei masă lemnoasă gravitează în jurul instalației de transport ce se va construi ;

— coeficientul b_i indică cota de volum ce se extrage din unitatea amenajistică „i" în perioada de plan, în raport cu specificul tratamentului aplicat arboretului.

Precizia de determinare a coeficienţilor modelelor matematice influenţează calitatea soluţiilor obţinute prin rezolvarea acestora.

3. VERIFICAREA COMPETITIVITĂŢII MODELELOR MATEMATICE

Modelele matematice prezentate, în exprimare algebrică restrînsă, pot fi aplicate cu bune rezultate în practica amenajistică. În acest scop este necesară stabilirea coeficienţilor modelelor, ale căror valori reprezintă condiţiile concrete ale desfăşurării fenomenului într-un caz dat.

3.1. CALCULUL COEFICIENŢILOR ECUAŢIILOR DE RESTRICŢIE ŞI AI FUNCŢIILOR-OBIECTIV

Dimensiunile modelelor matematice propuse sînt foarte mari. Astfel, pentru o unitate de gospodărire formată din 200 unităţi amenajistice ($n = 200$), cu un ciclu de producţie de 120 de ani şi o mărime a perioadei de 10 ani ($m = 12$), un model matematic de tip DEPOMAC conţine 2 400 variabile şi este format din 222 ecuaţii de restricţie, fără a lua în considerare restricţiile de nenegativitate. Pentru a putea fi rezolvat un astfel de model este necesar să se calculeze 2 822 de coeficienţi conţinuţi în funcţia-obiectiv şi în sistemul de restricţii. Volumul de calcule necesar pentru obţinerea lor este foarte mare dacă se are în vedere faptul că acestea rezultă din expresii matematice complexe. Calculul manual al acestor coeficienţi devine practic imposibil, stabilirea unor algoritmi de calcul cu ajutorul unui sistem de prelucrare automată devenind obligatorie.

Rezolvarea modelelor matematice de stabilire a posibilităţii de produse lemnoase reclamă cunoaşterea următoarelor elemente: n, m, s_i, v_{ij}, a_i, e_i, r, c_{ij}, b_{ij}, k_{ij}, P_{ij} *).

Cercetările întreprinse au condus la stabilirea unui algoritm de determinare a coeficienţilor v_{ij}, c_{ij}, b_{ij}, a_i, care are la bază constatarea că în mod practic pentru un anumit „i" pot exista maximum 5 valori pentru indicele „j" (arboretele se recoltează în jurul vîrstei exploatabilităţii).

Expresiile matematice utilizate în calcul sînt:

$$v_{ij_k} = \sum_{s=1}^{t_i} \left(a_{0s} + a_{1s} H_{isj_k} + a_{2s} H^2_{isj_k}\right) B_{is}; \tag{3.1}$$

*) Semnificaţia simbolurilor este prezentată în 1.1.

$$c_{ij_k} = \sum_{s=1}^{t_i} \left(a_{1s}\left[H_{isjk} - H_{isj_k}\right) + a_{2s}\left(H'^2_{isj_k} - H^2_{isj_k}\right)\right] B_{is}; \tag{3.2}$$

$$H_{isj_k} = \frac{E^2_{ikş}}{a_s + b_s\, E_{iks} + c_s\, E^2_{iks}}; \tag{3.3}$$

$$H'_{isjk} = \frac{(E_{iks} + 10)^2}{a_s + b_s\,(E_{iks} + 10) + c_s\,(E_{iks} + 10)^2}; \tag{3.4}$$

$$B_{is} = h_i\, g_{is}; \tag{3.5}$$

$$a_i = \frac{r}{e_i}; \tag{3.6}$$

unde semnificația simbolurilor utilizate este :

v_{ijk} — volumul arboretului principal din unitatea amenajistică „i“, în perioada „j_k“ ;

H_{isjk} — înălțimea medie a speciei „s“ a arboretului k din unitatea amenajistică „i“, în perioada „j_k“;

c_{ij_k} — creșterea curentă pe perioadă a arboretului principal din unitatea amenajistică „i“, în perioada „j_k“;

E_{iks} — vîrsta speciei „s“ a arboretului din unitatea amenajistică „i“, în perioada „j_k“ ;

h_i — indicele de consistență a arboretului din unitatea amenajistică „i“ ;

g_{is} — proporția de participare a speciei „s“ în compunerea arboretului din unitatea amenajistică „i“ ;

t_i — numărul de specii din unitatea amenajistică „i“.

Relațiile (3.1) — (3.4) au fost deduse din ecuațiile de regresie privind stabilirea volumului și a înălțimii medii a arboretului [G i u r g i u, 1973] [6], coeficienții a_{0s}, a_{1s}, a_{2s}, a_s, b_s, c_s sînt coeficienții acestor ecuații. Vîrsta exploatabilității arboretelor s-a determinat pe baza vîrstelor optime de tăiere prezentate în [5].

Pe baza aceluiași algoritm se poate calcula și valoarea coeficienților b_{ij} — exprimați în două variante :

a) — medii ponderate a numărului de ani ce reprezintă sacrificiile de exploatabilitate ale speciilor ce alcătuiesc arboretul în momentul „k“

$$b_{ij_k} = \sum_{s=1}^{t_i} q^k_{is}\, g_{is}, \tag{3.7}$$

în care :

$$q^k_{is} = (EX_{is} - EX_i + EA_i - EA_{is}) + W_{ik}, \tag{3.8}$$

unde simbolurile au următoarele semnificații :

q^k_{is} — sacrificiul de exploatabilitate al speciei „s“ din unitatea amenajistică „i“ în momentul „k“ ;

EX_{is}, EA_{is} — vîrsta exploatabilității și vîrsta actuală a speciei din unitatea amenajistică „i“ ;

EX_i, EA_i — vîrsta exploatabilității și vîrsta actuală a arboretului din unitatea amenajistică „i“ ;

W_{ik} — diferența între vîrsta exploatabilității arboretului și vîrsta arboretului în momentul „k“ ;

b) diferența între creșterea pe perioadă a arboretului principal la vîrsta exploatabilității și aceeași creștere la vîrsta arboretului în perioada „j_k“ ;

$$b_{ij_k} = c_{iex} - c_{ij_k} \tag{3.9}$$

Un mod expeditiv de determinare a coeficienților b_{ij} se poate realiza prin afectarea lui W_{ik} pozitiv, cu un coeficient de corecție subunitar , δ“, necesar favorizării în model a sacrifiilor în plus de exploatare :

$$b_{ij_k} = \begin{cases} W_{ik} & \text{pentru } W_{ik} < 0 \\ W_{ik}\,\delta & \text{pentru } W_{ik} \geqslant 0 \end{cases} \tag{3.10}$$

În ceea ce privește exprimarea sub forma valorică a aportului creșterii pe perioadă a arboretului (P_{ij}) sau a pierderilor de creștere și a efectelor negative secundare cauzate de recoltarea arboretului la o vîrstă diferită de cea a exploatabilității, apar unele dificultăți legate de faptul că cercetările privind determinarea valorii pădurii sînt în curs de definitivare. Elaborarea tabelelor de estimare a valorii arboretelor, precum și stabilirea metodologiei de calcul a valorii funcțiilor sociale, vor crea posibilitatea realizării unui algoritm de calcul al coeficienților din modelele matematice descrise, ce au la bază valoarea pădurii.

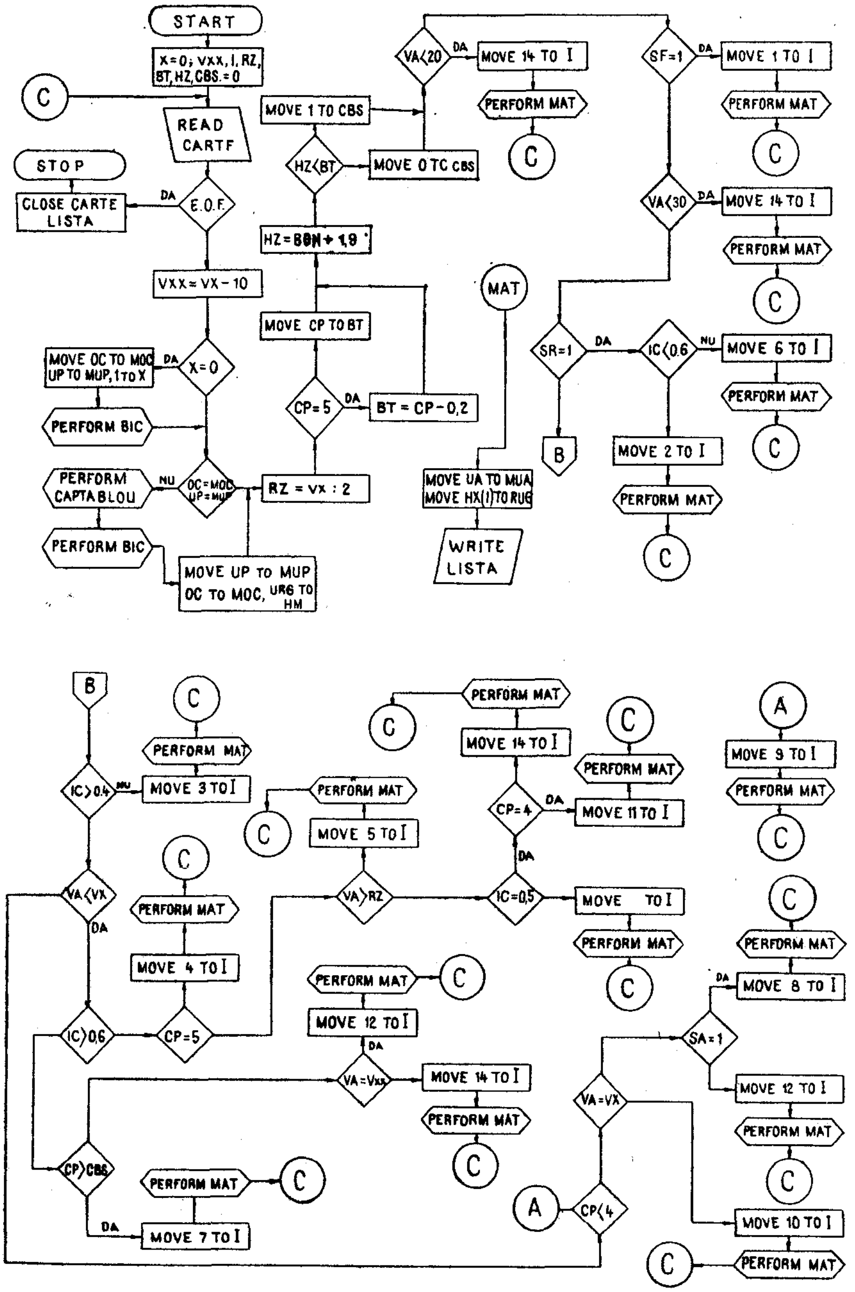
Programele de calcul al acestor coeficienți sînt scrise în limbajul COBOL :

— programul „CALCOEF“ — pentru fiecare unitate amenajistică, redă : indicele „i“, indicii „j“, volumele și creșterile arboretului principal, calculate în raport cu valorile indicilor „j“, valoarea coeficientului a_i;

— programul „CALURG“ — a cărui schemă logică de program se prezintă în fig. 1 — stabilește coeficienții urgențelor de regenerare necesari rezolvării modelelor matematice de stabilire a arboretelor ce se includ în planul de recoltare.

3.2. EXPERIMENTAREA MODELELOR MATEMATICE

Programele de calcul prezentate determină coeficienții funcțiilor-obiectiv și ai sistemului de restricții ale principalelor modele matematice. Rezolvarea propriu-zisă a modelelor se realizează cu ajutorul unui program de firmă L.P.S./360 (Linear Programming System), compus din proceduri depuse pe disc. Utilizarea acestor proceduri se realizează prin comenzi de control ale acestora, citite printr-un monitor aplicativ. Procedurile L.P.S. au în vedere doar rezolvarea modelelor de programare liniară



Schema logică a programului „CALURG“

unidimensională. Nu cunoaştem, pînă în prezent, programe de firmă pentru rezolvarea modelelor multidimensionale.

Testarea modelelor unidimensionale de stabilire a posibilităţii de produse principale şi a arboretelor ce se includ în planul de recoltare a fost executată în cadrul a 3 unităţi de producţie : UP-VI-Bratocea (O. s. Mîneciu), UP-X-Izvorul Muntelui (O. s. Bicaz) şi UP-IV-Giurgiu (O. s. Năruja). Calculul coeficienţilor c_{ij}, v_{ij}, a_i şi a indicilor i şi j_k, realizat cu programul CALCOEF, a durat 7 minute, iar performarea programului CALURG, pentru aceleaşi unităţi de producţie, a necesitat 2,5 minute.

În ceea ce priveşte rezolvarea propriu-zisă a modelelor, între soluţiile obţinute prin procedeele clasice şi cele date de programarea matematică există diferenţe.

Durata de rezolvare a modelelor de stabilire a posibilităţii de produse principale este cu mult mai mare decît a modelelor de stabilire a arboretelor ce se includ în planul de recoltare (4 : 1).

Modul în care s-au calculat coeficienţii din modele, condiţiile tehnico-economice ale proceselor analizate surprinse în sistemul de restricţii, precum şi algoritmul de rezolvare cu ajutorul programării liniare, oferă garanţia obţinerii unor soluţii obiective în raport cu criteriile de decizie adoptate.

BIBLIOGRAFIE

1. Boldur, Gh. Fundamentarea complexă a procesului decizional economic, Edit. ştiinţifică, Bucureşti, 1973.
2. Curtis, F. N. Linear Programming in the Management of a Forest Property. J. of Forestry 9-1962.
3. Dissescu, R. Cercetări privind elaborarea modelului matematic al planului de recoltare. Studii şi cercetări, Silvicultura, seria I, Bucureşti, vol. XXIX-1973.
4. Gătej, P. Un model matematic pentru determinarea posibilităţii la codru regulat. Buletin. I. P. Braşov, seria B, Economie forestieră, Braşov, vol. X. 1968.
1. Giurgiu, V. Vîrste optime de tăiere pentru pădurile din R.P.R., Edit. agro-silvică, Bucureşti, 1962.
6. Giurgiu, V. Relaţii biometrice pentru redactarea automată a amenajamentului Rev. Pădurilor nr. 3 şi 4, 1973.
7. Mihăilă, N. Programarea liniară, Introducere. E.D.P., Bucureşti, 1971.
8. Rucăreanu, N. Amenajarea pădurilor. Edit. agro-silvică, Bucureşti, 1967.
9. Seceleanu, I. Modele matematice de stabilire a recoltelor lemnoase în amenajament. Simpozion, Drezda, 1973.

OBIECTIVATION OF THE DECISIONS IN THE MANAGEMENT PLANNING BY MEANS OF AUTOMATICAL PROGRAMING

— Summary —

The analysis of the technical and economical characteristics of the forest production natural process as compared to the modelling opportunities through mathematical programing led to the designing of mathematical models for esta-

blishing the possibilities of main products in evenaged high forest from stands included in the plan of harvest and sequence of application of regeneration fellings.

Depending on the means of expressing the coefficients and the task-functions, there are presented several variants of the described models. The models presented can be solved by unidimensional linear programing.

By utilizing the mathematical achievements in the field of decisions with multiple order criteria we designed four models solvable by means of unidimensional linear programing. These models make possible the determination of optimum solutions as regards the described *task-functions.*

The dimensions of the models are very large and the work volume necessary to calculate the technical and economical coefficients of the restriction equations, and of the task-functions require the establishing of certain algorithms solvable by computation.

To this end we designed two programs (CALCOEF and CALURG) for computing the coefficients of several models of establishing the possibilities of main products, and of the stands in the harvesting plan. Models solving are realized by utilizing a firm program LPS-I.B.M.-360.