

# SIMULAREA MATEMATICĂ A ORGANIZĂRII PROCESULUI NATURAL DE PRODUCȚIE FORESTIERĂ

Ing. I. SECELEANU

Ca metodă științifică cantitativă de conducere a proceselor și sistemelor economice, simularea matematică oferă mari avantaje în studierea comportării sistemelor cu o mare cantitate de informații și a căror funcționalitate se exprimă prin relații matematice complexe.

Thomas Naylor înțelege prin simulare „o tehnică numerică de realizare a experiențelor cu calculatorul electronic, care implică utilizarea unor modele matematice și logice ce descriu comportarea unui sistem real (sau a unor componente ale sale), de-a lungul unei perioade mari de timp“ [4].

Este vorba deci de o metodă de cercetare, ce are la bază anticiparea rezultatelor unui ansamblu de ipoteze, care privesc elementele tehnice sau economice și relațiile dintre aceste elemente [3].

Înțelegînd prin simulator un sistem echivalent (analog), care generează o istorie asemănătoare cu istoria unui sistem studiat, iar prin model o descriere abstractă a unui simulator, simularea poate fi definită și ca studiul unui sistem utilizînd modele și simulatoare.

Comparativ cu metodele matematice de aproximare, folosite în analiza sistemelor dinamice, simularea este un instrument de investigare superior, determinat atît de starea sistemului cît mai ales de drumul lung (în timp) pe care sistemul îl parcurge spre a ajunge în starea finală.

Simularea numerică presupune elaborarea unor modele de calcul, iar experiențele asupra acestor modele se fac cu ajutorul calculatorului numeric. Modelul matematic ce descrie starea sistemului are în componență :

- variabile de intrare — cu valori presupuse cunoscute ;
- variabile de ieșire — cu valori care rezultă ;
- relații funcționale : identități, ecuații, inecuații, acestea definesc legăturile între elementele de intrare și cele de ieșire ;
- caracteristici operative — ipoteze ce se fac asupra variabilelor de intrare și a relațiilor funcționale.

Studiul procesului natural al producției forestiere și organizarea acestuia în cadrul amenajamentului — proces deosebit de complex — poate fi abordat cu ajutorul tehnicii de simulare. Construirea modelelor matematice, care să definească procesul natural al producției forestiere, este îngreunată de cunoașterea limitată a acestuia, formalizarea matematică a multor mărimi nefiind posibilă. Inconveniențele de acest fel sînt în mare parte înlăturate prin utilizarea metodelor statistico-matematice, care oferă posibilitatea stabilirii unor relații stochastice.

Realizarea unui model complex de simulare privind organizarea procesului natural de producție forestieră, este cerută de folosirea acestuia în obținerea de informații privind :

a — elaborarea prognozelor pe termen scurt, mediu și lung asupra indicatorilor tehnico-economici ai fondului forestier, la nivel de unitate de gospodărire, ocol silvic, inspectorat silvic și fond forestier național. Modelele de simulare vor permite explorarea viitorului în mai multe variante ipotetice, oferind organelor competente elementele necesare adoptării deciziilor corespunzătoare ;

b — conducerea fondului de producție real spre starea normală, în condițiile modificării experimentale a cadrului de organizare (țeluri economice, țeluri de gospodărire) și a modului de reglementare a producției forestiere, în scopul stabilirii celor mai bune soluții ;

c — controlul soluțiilor aplicate anterior, privind conducerea fondului de producție spre starea normală ;

d — influența variației în timp a unor factori asupra mărimii și structurii fondului de producție.

Proiectarea unui model agregat, care să poată răspunde în bune condiții cerințelor specificate mai sus, devine practic imposibilă. De aceea, este necesară realizarea unui macromodel de simulare la nivelul fondului forestier al unui ocol, inspectorat, țară, ale cărui caracteristici vor diferi în mod esențial de structura micromodelului de simulare a organizării prin amenajament a procesului natural de producție forestieră, la nivelul unei unități de gospodărire.

În vederea simulării cu ajutorul unui sistem de prelucrare automată a organizării prin amenajament a procesului natural de producție forestieră, au fost necesare :

— stabilirea caracteristicilor modelului și a tehnicii de simulare adoptate ;

— proiectarea modelului de simulare ;

— programarea pe un sistem de prelucrare automată a modelului proiectat.

#### A. CARACTERISTICILE MODELULUI DE SIMULARE

Analizînd procesul natural de producție forestieră și organizarea acestuia prin amenajament, în raport cu caracteristicile modelelor de simulare, s-a stabilit că modelul corespunzător specificului procesului studiat este :

— un model abstract cantitativ-mixt, care conține atît variabile aleatoare cît și relații deduse prin prelucrarea statistică a unor date experimentale ;

— un model dinamic — procesul de producție forestieră fiind un proces complex, dependent de factorul timp ;

— un model cu ceas de simulare \*) cu creștere constantă ; unitatea de creștere putînd fi socotită un an, un deceniu sau o perioadă (2 decenii).

Unitatea elementară asupra căreia, în timpul simulării, se produc modificări ale valorilor variabilelor, este unitatea amenajistică. Din mulțimea informațiilor cu caracter amenajistic, obținute la momentul 0 al simulării, s-au reținut numai acelea care intervin în procesul de organizare a producției forestiere. Acestea se referă la țelurile economice, țelurile de gospodărire, condițiile staționale, caracteristicile biometrice ale arboretului existent, starea regenerării, condițiile tehnico-economice de desfășurare a lucrărilor de conducere și exploatare.

Relațiile funcționale, ce exprimă legăturile între diferite elemente de intrare și ieșire, au fost stabilite luîndu-se în considerare volumul de date biometrice prelucrate statistic și prezentate în volumul „Biometria arborilor și arboretelor din R.S.R.“. Ecuatiile de regresie privind legătura între diferite caracteristici biometrice ale arboretului stabilite de G.i u r g i u (1973) au stat la baza descrierii formalizate a modelului de simulare [2].

Ipotezele de lucru, ce se fac asupra variabilelor și parametrilor, își găsesc de asemenea un loc bine stabilit în structura modelului de simulare realizat.

Tehnica de simulare, corespunzătoare rezolvării unui model cu astfel de caracteristici și dimensiuni, este simularea electronică numerică. De o deosebită importanță, în simularea modelelor ce includ fenomene aleatorii, este stabilirea unei tehnici corespunzătoare de generare a variabilelor aleatorii. Performanțele de simulare ale unui astfel de model sînt în mare parte influențate de precizia metodelor de generare adoptate. A genera o variabilă aleatoare înseamnă a elabora un algoritm care, atunci cînd este performat, produce o valoare de selecție a acelei variabile aleatoare. Pe calculator, procedeul de generare a variabilelor aleatoare se reduce la generarea unor valori aleatoare uniform distribuite pe intervalul  $(a, b)$ .

Modelul proiectat va fi supus unei simulări în pseudotimp — timpul de funcționare a sistemului fiind întotdeauna cu mult mai redus decît timpul real de funcționare.

Considerentele prezentate mai sus au stat la baza proiectării modelului de simulare „SIMPROF“.

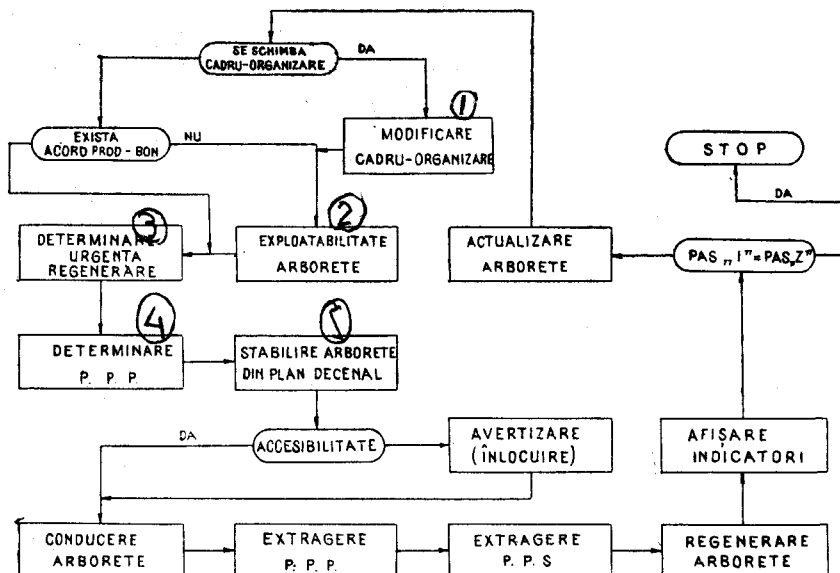
---

\*) Ceasul simulării este o variabilă de ieșire, care măsoară mișcarea în timp a sistemului, adică arată pînă la ce moment am deplasat sistemul de timp.

**B. PROIECTAREA MODELULUI DE SIMULARE „SIMPROF“  
(SIMULAREA PRODUCȚIEI FORESTIERE)**

Pentru descrierea modelului de simulare a fost necesar să se definească elementele de caracterizare ale fondului de producție și ale arboretelor componente.

Pe baza analizei efectuate s-a proiectat schema logică de principiu a funcționării modelului de simulare „SIMPROF“, prezentată în fig. 1. Aceasta evidențiază componentele și fluxul modificării variabilelor și parametrilor din model, în cadrul organizării procesului natural de producție forestieră.



Schema de principiu a modelului de simulare „SIMPROF“

Modelul de simulare „SIMPROF“ este un model-agregat, în care fiecare din blocurile de prelucrare (prezentate în schemă) reprezintă un micromodel de simulare, care modifică valorile variabilelor și parametrilor proprii fiecărei unități amenajistice, în conformitate cu relațiile funcționale caracteristice. Așa cum rezultă și din prezentarea grafică, modelul SIMPROF este compus din următoarele blocuri de simulare :

1 — modificare cadru organizare ; 2 — exploatabilitatea arboretelor ; 3 — determinare urgență regenerare ; 4 — determinare P.P.P. ; 5 — stabilire de arborete din P.D. ; 6 — dinamica accesibilității F.P. ; 7 — conducere arborete ; 8 — extragere P.P.P. ; 9 — extragere P.P.S. ; 10 — dinamica regenerării arboretelor F.P. ; 11 — actualizare arborete ; 12 — afișare indicatori F.P. ;

### 1. Blocul „Modificare cadru organizare“

În esență, acest bloc caută, în baza ipotezelor de lucru ce se fac asupra politicii economice forestiere, la nivelul fondului de producție al secției, să redefinească elementele de caracterizare a cadrului organizatoric.

Caracteristic acestui bloc este faptul că se afectează atât variabilele și parametrii de comandă ai fondului de producție simulat, cât și variabilele și parametrii unităților amenajistice (de exemplu — tratamentul, compoziția-țel etc.). Modificările ce se fac asupra cadrului organizatoric pot fi determinate și de o ameliorare a concordanței dintre productivitatea arboretului și bonitatea stațiunii respective.

### 2. Blocul „Exploatabilitate arborete“

Pe baza elementelor de intrare, specifice fiecărei unități amenajistice, se determină vârsta exploatabilității arboretului. Relațiile stochastice ale acestui bloc au la bază rezultatele prezentate de Giurgiu [1]. În raport cu specia principală, productivitatea arboretului și starea de vegetație se stabilesc vârstele exploatabilității arboretelor ce compun fondul de producție.

### 3. Blocul „Determinare urgență regenerare“

Fiecărui arboret intrat i se stabilește, în baza caracteristicilor avute, un coeficient de urgență regenerare — reprezentînd stringența parcurgerii acestuia cu tăieri de regenerare. Algoritmii care descrie relațiile funcționale ce acționează în acest bloc, în principiu, a fost prezentat [7]. Acesta este adaptat specificului modelului de simulare.

### 4. Blocul „Determinare P.P.P.“

În acest bloc se simulează stabilirea posibilității de produse principale. La determinarea acestuia se are în vedere algoritmul care calculează mărimea posibilității, prin intermediul creșterii indicatoare și al volumelor arboretelor exploatabile.

La nivelul unei unități amenajistice se modifică valoarea creșterii indicatoare, iar la nivelul fondului de producție — parametrul posibilitate.

Noul procedeu de stabilire a posibilității propus de Giurgiu (1975)\*) va putea fi inclus în relațiile funcționale ce stau la baza algoritmului acestui bloc.

### 5. Blocul „Stabilire de arborete din P.D.“

Arboretele ce se includ în planul de recoltare, urmînd a fi parcurse cu tăieri de regenerare, se stabilesc în cadrul acestui bloc.

---

\*) Lucrarea este publicată în volumul de față.

Acest bloc utilizează tehnica de optimizare bazată pe programarea matematică. Pentru început a fost folosit un model simplu, de stabilire a arboretelor ce se includ în planul de recoltare, a cărui funcție-obiectiv urmărește minimizarea urgențelor de regenerare. Pe baza soluției obținute prin rezolvarea modelului, se vor specifica unitățile amenajistice ce se vor parcurge cu tăieri de regenerare.

## 6. Blocul „Dinamica accesibilității F.P./„Avertizare“

Ipotezele de lucru ce se fac asupra dotării fondului de producție cu instalații de transport, în decursul timpului, stau la baza stabilirii relațiilor funcționale de modificare a variabilelor. Realizarea sau nu a construcției instalațiilor de transport, preconizate a se executa într-o perioadă așa de îndelungată, are un pronunțat caracter aleator. În cadrul acestui bloc se folosește un generator de variabile, ce are la bază o funcție de densitate a probabilității cu o distribuție liniară și uniformă (acestea iau valoarea 1 pe un interval  $(a, b)$  și valoarea zero în afara lui).

În raport cu valorile variabilei aleatorii se stabilesc unitățile amenajistice ce devin accesibile (sub raportul instalațiilor de transport) în unitatea de timp a pasului de simulare. Tot în cadrul acestui bloc se verifică dacă arboretele incluse de blocul 5 în planul de recoltare sînt accesibile. În caz contrar, cu ajutorul unui algoritm se depistează arboretele de înlocuire a celor neaccesibile, care pe lângă condiția de accesibilitate vor trebui să aibă și coeficienți de urgență scăzuți.

## 7. Blocul „Conducerea arboretelor“

Cunoscîndu-se informațiile de ieșire ale blocurilor 5, 6, se trece la stabilirea lucrărilor de îngrijire a celorlalte arborete din cuprinsul fondului de producție. Algoritmii blocului stabilește, în raport cu vîrsta, consistența și starea fitosanitară, natura și periodicitatea lucrărilor ce se vor executa în unitatea de timp a pasului de simulare. Pentru simplificare au fost luate în considerare numai lucrările de degajări, curățiri, rărituri și igienă. În cadrul aceluiași bloc se trece apoi la stabilirea informațiilor de „executare“ a lucrărilor propuse. Algoritmii stabilește speciile a căror proporție se va diminua prin degajări, modifică starea fitosanitară a arboretelor parcurse cu tăieri de igienă, determină volumul pe specii ce se obține prin „parcurerea“ cu rărituri. De asemenea, se calculează consistența la sfîrșitul unității de timp a pasului de simulare, pentru arboretele parcurse cu degajări și curățiri.

## 8. Blocul „Extragere P.P.P.“

Pentru arboretele stabilite, în urma simulării efectuate în blocurile 5—6, se exploatează volumul de material lemnos a cărui mărime este indicată prin caracteristicile tratamentului aplicat, stabilit în blocul 1.

În funcție de mărimea volumului „recoltat“ se determină, cu ajutorul unor relații funcționale relativ simple, arboretul rămas și consistența lui la sfârșitul unității de timp.

### 9. Blocul „Extragere P.P.S.“

În cadrul acestui bloc „se parcurg“ cu rărituri arboretele indicate în cadrul blocului 7. În funcție de mărimea volumului „extras“ se calculează compoziția arboretului „rărit“, precum și consistența la sfârșitul unității de timp a pasului de simulare. La „parcuregrea“ cu rărituri se are în vedere și accesibilitatea arboretelor. De asemenea, se stabilesc mărimea și structura pe specii a posibilității de produse secundare utilizate drept parametri de ieșire a acestui bloc.

### 10. Blocul „Dinamica regenerării arboretelor F.P.“

Sînt afectate arboretele „parcurse“ cu tăieri de regenerare în cadrul blocului 8, precum și arboretele a căror reușită de regenerare este sub 60% la sfârșitul unității de timp a pasului de simulare. Reușita regenerării este o variabilă aleatoare, ale cărei valori se găsesc în intervalul (0.3—1.0). Generarea variabilei aleatoare pe acest interval se realizează cu ajutorul unor subrutine de firmă — IBM (RANDU, GAUSS, EXINV) modificate.

Speciile se determină în raport cu indicațiile date de compoziția-țel, iar proporția de participare este funcție de variabila aleatoare — reușita de regenerare. Pentru arboretele ce au vîrsta cuprinsă între 10 și 20 ani se apreciază, pe baza proporției de participare și a reușitei regenerării consistența arboretului în curs de închidere. În cadrul aceluiași bloc, se stabilește, pe baza bonității stațiunii, productivitatea viitorului arboret. Pentru simplificare am admis, pentru început, o realizare a concordanței între bonitatea stațiunii și productivitatea viitorului arboret.

La definitivarea modelului de simulare se va avea în vedere considerarea clasei de producție a arboretului nou creat, ca o variabilă aleatoare generată în mod corespunzător.

### 11. Blocul „Actualizare arborete“

La nivelul acestui bloc se modifică variabilele și parametrii tuturor unităților amenajistice, legate de vîrstă și volum. Pe baza mărimii unității de timp a pasului de simulare se stabilește vîrsta la începutul noului pas, precum și mărimea creșterii și a volumului. Determinarea volumului s-a calculat cu ajutorul relațiilor funcționale descrise în [7].

La acestea se adaugă și relația funcțională de stabilire a creșterii curente a arboretului total în raport cu vîrsta [2].

## 12. Blocul „Afişare indicatori“

Rezultatele simulării realizate în cadrul blocurilor 1 — 11, în baza schemei din fig. 1, se afişează la sfârşitul unui pas de simulare\*). Densitatea informaţiilor afişate este determinată de interesele urmărite prin simulare. Din variabilele şi parametrii de comandă ai fondului de producţie ca elemente de ieşire s-au ales ;

— structura şi mărimea fondului de producţie (suprafaţa, volum, creştere) ;

— repartitia fondului de producţie ( $S$ ,  $V$ ,  $C$ ) pe clase de vîrstă ;

— creşterea indicatoare — ca element de control al evoluţiei spre starea normală ;

— posibilitatea de produse principale şi secundare.

Dintre elementele unităţilor amenajistice se afişează :

— repartitia arboretelor pe categorii de lucrări ;

— arborete incluse în planul de recoltare.

Se pot include şi alte informaţii de caracterizare la momentul „i“ a fondului de producţie şi a evoluţiei sale spre starea normală.

### C. PROGRAMAREA PE UN SISTEM DE PRELUCRARE AUTOMATĂ A DATELOR, A MODELULUI „SIMPROF“

În baza schemei de principiu şi a algoritmilor blocurilor de prelucrare, s-a trecut la transpunerea modelului de simulare pe un sistem de prelucrare automată a datelor. Dat fiind specificul modelului SIMPROF, s-au utilizat limbajele de programare COBOL şi FORTRAN. S-a realizat un program-rădăcină, scris în COBOL, care coordonează activitatea de prelucrare a blocurilor descrise.

Acest program activează blocurile de prelucrare realizate ca subprograme apelate, conform tehnicii de segmentare a programelor în COBOL. Volumul de informaţii de prelucrare este foarte mare. Cu ajutorul programului rădăcină, informaţiile de caracterizare a procesului de producţie forestieră la momentul 0 se introduc în memoria principală a sistemului de prelucrare automată. Tehnica de organizare, a acestor informaţii, corespunzătoare specificului modelului de simulare propus, este tehnica de organizare „în masive“. Conform acestei tehnici informaţiile introduse se organizează în 2 „masive“ :

— masivul A — cu dimensiuni foarte mari, grupează variabilele, parametrii şi constantele modelului la nivelul unităţilor amenajistice ce alcătuiesc fondul de producţie ;

— masivul B — de dimensiuni mai reduse, grupează variabilele şi parametrii de comandă ai modelului la nivelul fondului de producţie.

\*) Activarea blocului „Afişare indicatori“ se poate face şi mai rar (al doilea, al treilea, al patrulea pas etc.) în funcţie de cerinţele beneficiarului.



Sub raportul tehnicii de simulare, această organizare este deosebit de eficientă, atât sub raportul facilității scrierii subprogramelor, cât și al duratei de simulare pe calculator.

Din cauza volumului mare de informații conținute în model și a capacității, relativ reduse, a memoriei unui calculator de 64 K, apar dificultăți generate de insuficiența spațiului de memorie alocat programelor.

O posibilitate de înlăturare a acestor dificultăți constă în organizarea volumului de informații, utilizat în modelul de simulare, pe suporturi de memorie auxiliare. Dar, în această situație, durata de simulare se mărește foarte mult prin manevrarea repetată și reversibilă a informațiilor din memoria auxiliară în cea operativă. De aceea, se impune utilizarea unui calculator cu o memorie principală de minimum 128 K.

Sub raportul eficacității tehnico-economice modelul de simulare propus este deosebit de valoros. Cu ajutorul acestuia se poate răspunde la cele mai complexe probleme ridicate de economia forestieră, atât în ceea ce privește prognoza producției, cât și în stabilirea influenței diferitelor măsuri tehnico-economice în realizarea obiectivelor economice fixate.

#### BIBLIOGRAFIE

1. Giurgiu, V. Virste optime de tăiere pentru pădurile din R.P.R. Edit. agro-silvică, București, 1962.
2. Giurgiu, V. Relații biometrice pentru redactarea automată a amenajamentului. Rev. pădurilor nr. 3 și 4, 1973.
3. Hirtu, C. Metode de generare a parametrilor aleatori folosiți în simularea sistemelor economice Dactilografiate CCECE, București, 1973.
4. Naylor, Th. ș.a. Computer Simulation Techniques. Ed. J. Wiley Sons. New York, 1968.
5. Rucăreanu, N. Amenajarea pădurilor. Edit. agro-silvică. București, 1966.
6. Seceleanu, I. Computation of allowable cut in regular high forest through indicator increment and stand exploitability. Simpozion IUFRO, Belgrad, 1974.
7. Seceleanu, I. Obiectivizarea deciziilor în planificarea amenajistică cu ajutorul programării matematice. (În volumul de față). București, 1975.

#### MATHEMATICAL SIMULATION OF THE ORGANIZATION OF THE FOREST PRODUCTION NATURAL PROCESS

##### — Summary —

The simplifications admitted in modeling, the static character, the impressive dimensions, and the long duration of the mathematical models solving by mathematical programming determined the direction of the researches towards the utilization of the simulation theory.

The analysis of the forest production natural process and its organization through management with regard to the mathematical simulation characteristics led to the elaboration of a specific simulation model.

Conceived as a dynamic-mixt model with the time variable being variable, the SIMPROF model allows the simulation of the forest production natural process for a determined period of time (shorter, equal or larger than the rotation) when adopting hypothetically different variants.

Thus can be answered the most complex problems of the forest economy concerning both the production prognosis and the determination of the influence of various technical and organizational measures on the realization of the planned economical tasks.