

## Računalniški izziv gozdarstvu

Mitja CIMPERŠEK\*

### Izvleček

Cimperšek, M.: Računalniški izziv gozdarstva. *Gozdarski vestnik*, št. 3/1991. V slovenščini, cit. lit. 12.

Digitalna tehnologija prodira v slovensko gozdarstvo z veliko zamudo in počasi. V razvitejših okoljih pri reševanju problemov množično uporabljajo računalniške modele. Sestavek podaja teoretične vidike modeliranja in simulacije ter kot primer opisuje njuno uporabo pri območnih gospodarskih razredih.

Ključne besede: Digitalna tehnologija, računalniški model, računalniški program, računalniška simulacija, gozdarstvo.

*Delo v gozdu že dolgo ni samo drvarjenje, temveč računalniško programirano »sodelovanje« z naravo.*

(M. Kmecl)

### 1. UVOD

Že od davnine je poznana težnja po shranjevanju misli, idej in izkušenj. O tem pričajo ohranjene risbe po kamenodobnih jamah, sumerske tablice, egipčanski napis in mnogo kasneje, zahvaljujoč Guttenbergu, tisk na papirju. V zadnjih desetletjih je vse postopke informacijske tehnologije prevzelo tiskano vezje na silicijevi ploščici, in to uspešneje, veliko hitreje in na manjšem prostoru. Medtem ko je v preteklosti tisk obvladoval kulturo, danes pisana beseda prevladuje v poslovnem svetu. Informacija je najpomembnejši dejavnik uspešnega gospodarjenja, zato lahko upravičeno trdimo, da je informacija denar. Kljub temu je še vedno 95 % vseh informacij na papirju, kar je svojevrstna ironija. Ta masa papirja zavzema ogromno prostora in se vsako leto podvoji. Povprečen poslovnež v

### Synopsis

Cimperšek M.: Data Processing Technology – A Challenge for Forestry. *Gozdarski vestnik*, No. 3/1991. In Slovene, lit. quot. 12.

Digital technology is being introduced in Slovene forestry with great delay and tardiness. Advanced countries make great use of computer models in solving their problems. The article presents theoretical aspects of modelling and simulation and gives an example of its application in regional economic categories.

Key words: Digital technology, computer model, software, computer simulation, forestry.

Ameriki tedensko porabi od tri do pet ur časa za iskanje založenih dokumentov; če jih ne najde, zgubijo njegovi podrejeni še enkrat več časa za to, da bi jih končno izbrskali na dan. Časovna ali denarna vrednost takega iskanja je resnično zapravljanje dragocenih človeških virov.

Z običajno, že tradicionalno zamudo in s spremenljivo uspešnostjo lovimo tiste družbe, ki so že čvrsto prestopile prag informacijskih tehnologij. Informacijski trg se vse bolj sooča z daljnosežnimi spremembami, ki se pojavljajo zaradi:

- eksponencialne rasti količine informacij;
- naraščajoče hitrosti, s katero informacije zastarevajo;
- težnje informacij, da se širijo prek vseh meja in
- prodorne uporabe novih informacijskih tehnologij;

Če hočemo okrepiti sodelovanje s svetom, kar je pogoj za prehod iz beraške v bogatejšo družbo, moramo pospešeno osvajati in tudi širiti spoznanja drugih. Informatika postaja vsak dan pomembnejši dejavnik v prenašanju, izmenjavi in razvijanju novih znanj. Informatizacija proizvodnih procesov prinaša večjo delovno storilnost, smotrno izrabljanje surovin in energije ter

\* Mag. M. C., dipl. inž. gozd., Gozdno gospodarstvo Celje, Tozd Boč, 63250 Rogaška Slatina, Ulica 14. divizije 19, YU

V zadnjem desetletju se je na računalniškem trgu odigrala revolucija, ki je spremenila svetovne tokove, miselne vzorce in celo kulturo. S pocenitvijo računalniških čipov ob koncu sedemdesetih let se je cena računalnikov znižala. Ameriško podjetje Apple je leta 1976 prvo ponudilo mikroračunalnik po dostopni ceni. Štiri leta kasneje je vodstvo IBM zbralo ekipo strokovnjakov z nalogo, da skonstruirajo podoben stroj, s kakršnim je Apple velikemu gigantu zmagoslavno odžrl tržno pogačo. V manj kot letu dni je nastal popolnoma nov model osebnega računalnika, t. i. Personal Computer (PC), ki je postal svetovni standard. Ekipa pri tem iskanju ni bila samo inovativna in vizionarska, temveč je presegla vsa zveličavna pravila IBM in dokazala, da poti k novemu ne usmerja samo geslo »think«, dodala je še eno besedo: »think differently«. S tem se je začela valiti računalniška snežna kepa, ki se še dolgo ne bo ustavila. Leta 1982 je trg pogoltnil že poldrugi milijon osebnih računalnikov, strokovnjaki menijo, da njegovo današnjo planetarnost zastopa že več kot 60 milijonov izdelkov. Številni azijski kloni PC-jev (krivooki kompatibilci) so »velikemu modremu« sicer začeli odžirati eksplozivne dobičke, toda računalniško tržišče še vedno obvladuje bolj premeteni »Big blue«. Tako namreč poznavalci označujejo trdko IBM, ki v svetu zaposluje 400.000 delavcev. Toda po letu 1986 se je delež prodaje IBM kljub temu zmanjšal za več kot 50 %. Veliki gigant je postal žrtev lastnega uspeha in predvsem odprtega sistema, ki je omogočil, da so se pojavili milijoni programov in še večje število kopij računalnikov.

V ožjem smislu je UPRAVLJANJE odločanje v zvezi z načrtovanjem, pripravo izvajanja in nadziranjem. V širšem smislu pa je upravljanje reševanje problemov. Če s problemom razumemo razliko med obstoječim in želenim stanjem, potem je izhodišče upravljanja v iskanju problemov. Če ni problema, potem se ni treba o ničemer odločati. Upravljanje je sestavljeno iz treh delnih procesov: – iskanja problema, iskanja možnih rešitev in izbora rešitve. Ti delni procesi so bolj ali manj strukturirani – lahko jih programiramo. Če tak delni proces izrazimo z algoritmom, z odločitvenim pravilom, potem pravimo, da je strukturiran. Pogosto pa so procesi upravljanja nestrukturirani, saj gre neredko za odločanje o neznanem, za reševanje problema, kakršnega še nismo srečali. V takih primerih algoritma ni mogoče določiti in je odločanje odvisno do navdihla odločevalca.

racionalizacijo vseh storitev. Svet, ki je spoznal te prednosti, naravnost drvi v informacijsko ero.

Poznavalci napovedujejo, da se bo cena osebnih računalnikov zmanjševala do 500 \$, ko bo stroj postal navaden kos pohištva, podobno kot je to televizor ali pralni stroj. Drugi pa menijo, da se bo to zgodilo šele takrat, ko bo računalnik med drugim znal sesati tudi praht. Morda imajo slednji celo bolj prav. Toda neizpodbitno je dejstvo, da vlaganja v računalništvo že presegajo dvesto milijard dolarjev letno.

Revolucionarne spremembe je povzročil mikroračunalnik, ki je postal najzvestejši

spremljevalec vseh poslovnih ljudi in izobražencev. Na ameriških univerzah je lasten računalnik nepogrešljiv, tako kot je bilo pred desetletji »logaritemsko računalno«. Dr. P. A. Bushby z Mississipi State University pravi: »Informacije se vsakega dva in pol leta podvojijo in od študentov ne moremo zahtevati, da bi bili kos tem izbruhom. Zato jih moramo naučiti urejati to množico informacij.« Znana je njegova misel, ki je v velikem nasprotju z našim šolstvom: »Ne nagrajajte nas za to, kar vemo, kajti ni mogoče, da bi vse vedeli; plačajte nas za to, kar znamo narediti!« (»Moj mikro, 5/86, p. 40).

Računalnike so na ameriških tehniških fakultetah poznali že več desetletij, toda šele osebni računalniki so zaradi enostavne uporabe v temeljih spremenili študijski proces. Osnovno znanje o elektronskem obdelovanju podatkov postaja del splošne izobrazbe. Dr. Ines Wesley Tanasković, profesorica na beograjski in tokijski univerzi, nekdanja prva dama svetovne informatike, je že pred več leti izjavila, da bo najbolje, da se čim prej naučimo množično uporabljati računalnike, tako kot smo se morali naučiti hoditi, pisati in voziti avto (Delo, 7. 1. 1986).

V vseh dejavnostih je gonilna razvojna sila naraščajoča zahteva po informacijah. Množica informacij (ne podatkov!) zahteva njihovo vse hitrejše premikanje in obdelovanje (Data Processing) ter, ne nazadnje, tudi shranjevanje. Največji računalniški stroji – superračunalniki – so velikanski prežvekovalci števil. Najmočnejši med njimi, znani Cray X-MP in Hitachi S-820, so že sposobni opraviti več kot 200 milijonov računskih operacij v sekundi. To so hitrosti in zmogljivosti, ki presegajo človekovo razumevanje. Kljub temu ostajajo topoglavci, ki razumsko niso na prav nič višji ravni kot navadna električna žarnica. Njihov spomin, natančnost in hitrost vzbujajo pri enih občudovanje, pri drugih pa odpor in celo strah.

#### **Prednosti osebnih računalnikov:**

- mikro (PC) je samostojna računalniška enota, ki se lahko poljubno sestavi in prilagodi potrebam uporabnika ter celo poveže v mrežo (Local Area Network-LAN);

- uvaja decentralizacijo in s tem pospešuje množičnost, inovativnost ter kreativnost;

- rešuje lahko najrazličnejše naloge, za kar je na razpolago ogromno število programskih orodij;

- je poceni in zavzema malo prostora, je enostaven za prenašanje in potrebuje malo energije.

Osnovno strojno opremo mikroračunalnikov (hardware) običajno sestavljajo:

- PC, združljiv z IBM stroji (vsaj AT, s 16-bitnim mikroprocesorjem in 40 Mb diskom);

- monokromatski ali barvni monitor;

- lepopisni (LQ) ali laserski tiskalnik;
- risalnik, miška in drugi dodatki.

Pri nabavi še bolj kot drugje velja pravilo, da je poceni nakup vedno drago plačilo! Pogoji, ki ga mora izpolnjevati računalnik, je združljivost (kompatibilnost) programske opreme in razširitvenih kartic z računalnikom IBM-PC. Za resno delo se ne smemo zadovoljiti s skromnimi računalniškimi pripomočki.

V razvitejših gozdarskih okoljih se že uveljavlja GIS (gozdarski informacijski sistem), ki zahteva kakovostno in zmogljivejšo opremo. Na letošnjem Interforstu v Münchnu je največ razstavljalcev reklamiralo tovrstne izdelke, ki prinašajo revolucionarne novosti v gozdarsko načrtovanje in neslutene možnosti v poslovno odločanje.

S programsko opremo ali softwarom označujemo že pripravljena navodila in programe, ki usmerjajo in nadzorujejo delovanje računalnika. Poleg programov, ki si jih lahko izdelamo sami, je ena od značilnih prednosti PC-jev, da so zanje narejeni izredno mnogovrstni programi, ki nam olajšajo naporno in zamudno programiranje. Toda največji čar in izziv tega medija je ravno v oblikovanju lastnih programov. Večina programiranja doživlja kot igro z mislimi in idejami. Pri tem delu se nam odpira nov svet, v katerem preverjamo pridobljeno znanje in izkušnje. Računalnik ni samo »metafizičen«, temveč tudi »psihološki« stroj. S svojo tehnologijo spodbuja razmišljanje in s tem globoko posega v naš notranji psihološki svet ter tako posredno vpliva na celotni družbeni razvoj.

Cena strojne in programske opreme je navadno komaj dve tretjini investicije. Najpomembnejša tretjina vložka je znanje, kajti koristniki se morajo novo orodje naučiti uporabljati. Samoučenje je poceni samo na prvi pogled. Za uvajanje porabimo namreč veliko časa, čas pa tudi stane. Bistvo računalniškega delovanja je v formuliranju, algoritmiranju, simulacijah in reduciranju na enopomenskost. Najbolj zapletene operacije zmora računalnik z uporabo samo dveh stanj, ki jih označujemo z 0 in 1 ali + in -. Vsako stanje ima en bit informacije. To je enota za merjenje količine informacij. Zato je računalnik v bistvu zelo neumen, vendar

narekuje pogoje komuniciranja, ki se jim mora človek prilagoditi z določeno vrsto mišljenja. Osební računalnik je močno orodje, ki ni tako zahtevno, da se ga ne bi naučili uporabljati.

V poplavi računalnikov, ki jih je že več kot 3 milijone in pokrivajo vsa področja od pridelovanja korenčka do simuliranja vesoljskih poletov, so se ustalile določene skupine programskih orodij. Njihovo poznavanje in uporaba sodita v osnovno računalniško kulturo vsakega potencialnega uporabnika.

**Urejevalniki besedil** ali word processing so programi, s katerimi lahko pišemo najrazličnejše sestavke. Računalniška tipkovnica ima tipke razporejene tako kot pisalni stroj, zato računalniki nadomeščajo stroje-piske in pisalne stroje. Toda urejevalniki besedil imajo še številne druge prednosti, ki se ne kažejo samo v enostavnem shranjevanju, popravljanju in razmnoževanju tekstov, temveč lahko v mrežni povezavi sporočila hitro prenašamo na velike razdalje. Med množico urejevalnikov besedil je najbolj popularen wordstar. Ocenjuje se, da kroži po svetu že prek pet milijonov kopij tega paketa. Z njim je bilo napisanih več tisoč knjig.

V nekaj urah se ga vsakdo lahko navadi tako, da napiše besedilo brez napake. V Ameriki ga mora obvladati vsaka tajnica. V znanstvenih krogih so priljubljeni še drugi urejevalniki: Word 2000, Chi Writer in razni scientific text procesorji. Vrhunec v tovrstnih obdelavah so urejevalniki besedil v povezavi s posebnimi laserskimi pisalniki, ki posredujejo grafične »umetnine« v različnih barvnih odtenkih. Razvoj je dosegel stopnjo namiznega založništva (desktop publishing). To pomeni, da ima lahko vsakdo doma svojo tiskarno.

Druga skupina programskih orodij so **programi za delo z bazami podatkov**. Na vrhu top lestvice je popularni dBase, ki omogoča vpisovanje, iskanje, pregledovanje in obdelavo podatkov, torej vse tisto, kar je neobhodno za sodobno poslovanje. Programsko orodje dBase ima tudi svoj jezik, s katerim lahko sestavljamo lastne programe.

V tretji sklop softverskih pripomočkov uvrščamo programe za delo s tabelami.

Tak program je npr. Lotus-123. Z njim razvrščamo podatke v preglednicah, ki so matrike velikosti 240 × 8200 celic. Podatke lahko obdelujemo z 250 matematičnimi funkcijami in tudi grafično oblikujemo. Temu programu so podobni Supercalc, Symphony, Multiplan in še mnogi drugi.

Zelo zahteven je **programski paket za statistične izračune SPSS\***, ki je bil leta 1965 narejen za velike računalnike in nato v enakem obsegu prilagojen za osebne računalnike (PC).

Autocad je **program za tehniško risanje**. Poznavalci menijo, da je njegova uveljavitev rekviem za risalno desko. **Za projektno vodenje** je zelo priročen program Super project, s katerim lahko rešujemo probleme z metodami linearnega in mrežnega planiranja.

Poleg teh najbolj razširjenih programskih orodij obstaja še množica najrazličnejših programov, ki so namenjeni ozko usmerjenim področjem. Na univerzi v Arizoni so izdelali programski paket **Plexsys report system**, s katerim simulirajo električni možganski vihar. V posebni dvorani so v polkrogih razporejeni računalniki, ki so medsebojno povezani v mrežo. V nasprotju z navadno »možgansko nevihto«, pri kateri udeleženci podajajo ideje drug za drugim, jih lahko pri elektronskem viharju proizvajajo vsi hkrati, obenem pa ima vsak dostop do vseh predlogov. Prednost tega »brainstorminga« je v tem, da ostanejo predlogi anonimni. Po končani seansi računalnik sam opravi analizo idej in prednostno izbiro. V Ameriki je že več deset takih dvoran, ki jih podjetniki zagnano uporabljajo. V IBM, kjer imajo tak center, so ugotovili, da porabijo za sestanke polovico manj časa kot prej, istočasno pa pridejo do veliko dobrih idej v krajšem času, kar je zanje pomembna konkurenčna prednost (Gričar).

Prednost, ki jih prinašajo računalniki na področje knjižničarstva, so take, da si v sodobnem življenjskem ritmu brez njihove pomoči ne moremo več zamišljati hitrega in enostavnega dostopa do strokovnih in drugih referenc. Med številnimi tovrstnimi programi je cenjen **Unescov knjižničarski program ISIS**. Vse sodobne baze podatkov so grajene na geslih, samo gozdarstvo še vztraja pri okorni, nepraktični in zapleteni

univerzalni decimalni oziroma Oxfordski klasifikaciji.

## 2. RAČUNALNIŠTVO V GOZDARSTVU

*Ne potrebujemo računalnikov, naš dezinformacijski sistem je dovršen!*

*(Diareja v Mladini)*

Uporaba računalnikov ima v gozdarstvu spoštljivo začetniško tradicijo. Že leta 1961 smo lesne zaloge in prirastke računali z računalniki. V začetku sedemdesetih let beležimo organiziran pristop slovenskega gozdarstva k Republiškem računalniškemu centru. Po nekaj letih pa je dokaj enoten sistem gozdarskega poslovanja pričel razpadati. Posamezna gozdna gospodarstva so nabavila različno strojno opremo in osnovala lastne računalniške enote (AOP).

Nesporno je dejstvo, da je večina velikih računalniških enot zašla v razvojno krizo. Mnogi računalniški strokovnjaki so iz tehnologije napravili »fetiš«, s katerim obvladujejo množico »neposvečenih«. Razvojni trendi PC-jev pa so tako presenetljivi, da bodo že v kratkem izrinili vse srednje računalnike. Računalniška moč prvega takega stroja Eniaca, ki je zavzemal prostornino dvorane 8 krat 6 m, je danes spravljena na čipu, ki meri manj kot en kvadratni centimeter. Zato nas ne sme presenečati razvojno zблиževanje PC-jev in superračunalnikov.

Na srečo postaja informacijska tehnologija vedno cenejša in s tem dostopna vedno širšemu krogu, na drugi strani pa tudi vedno manj zapletena in s tem lažje obvladljiva. V kratkem bodo na trgu stroji z zmogljivostmi, ki se bodo merile v giga-, in ne več v megabajlih. Z ozirom na takšen razvoj in veliko decentralizacijo, kjer se poslovanje odvija razpršeno po revirjih in obratih, je najboljša rešitev v mrežni povezavi PC-jev, ki varujejo svoje baze podatkov v osrednjem računalniku. Svet se vedno bolj obrača od velikih sistemov, ki jih obvladujemo od zgoraj in v katerih je človek pojmovan kot izvajalec zamisli drugih, k organizacijskim oblikam, ki temeljijo na participaciji večjega števila sodelavcev, na njihovi usvarjalnosti, in kar je najpomembnejše, in-

formacije se obdelujejo, posedujejo in uporabljajo tam, kjer nastajajo.

V gozdarstvu računalnike že dlje časa uspešno uporabljamo v računovodskih in komercialnih službah ter na področju urejanja gozdov. Takšna uporaba človeka namreč osvobaja od ubijajočih rutinskih opravil, s tem pa računalniških zmogljivosti še daleč nismo izrabili. Gozdni ekosistemi so kompleksni in nedeterminirani sistemi, ki jih brez računalnikov ne moremo uspešno obvladovati. Danes obstaja že množica programskih rešitev, s katerimi lahko napovedujemo razvoj gozdov za več stoletij vnaprej. Izdelani so naravnost dramatični scenariji za nadaljnji potek umiranja gozdov (Bossel, 1985).

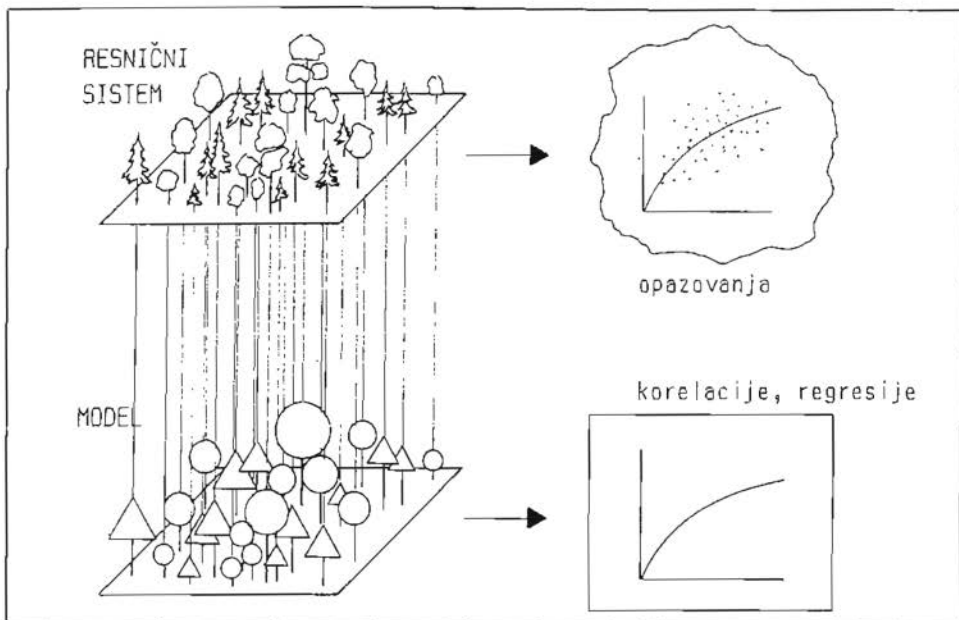
## 3. TEORETIČNE OSNOVE MODELOV IN SIMULACIJ

Programi za računalniško odločanje so usmerjeni v tri osnovne smeri: prvi obravnava napovedi, drugi nam dajo vpogled v različne scenarije možnega ravnanja, tretji pa nam lajšajo razumevanje tistih sil, ki vplivajo na določena dogajanja. Med številnimi možnimi aplikacijami računalnika zavzema posebno mesto modelna tehnika. To so programi, ki vsebujejo pravila, metode, tehnike in postopke, s katerimi posnemamo neki pojav in ga z njihovo pomočjo prognoziram.

Modeliranje in simulacija sta dva različna postopka. Če imamo zadan realen ali samo zamišljen sistem, tedaj z modeliranjem razumemo postopek gradnje podobnega sistema – modela, s katerim želimo posnemati, to je oponašati tak sistem. Tako kot vsak sistem ima tudi model svoje objekte, ki jih opisujemo z lastnostmi in spremenljivkami. Modelov ne oblikujemo zato, da bi bili čim bolj podobni originalu, temveč zato, da poustvarimo določena dogajanja, ki se bodo predvidoma (načrtovano) odigrala z originalom. Modeliranje nam torej omogoča, da se približamo originalu oziroma cilju.

Spreminjanje začetnih vrednosti in drugih lastnosti predstavlja proces simulacije, to je preverjanje in potek modela. Zakaj simulacija? Z gradnjo modelov in simuliranjem želimo spoznati delovanje nekega sistema, katerega strukture ne poznamo. Pri iskanju





Shema 1: Prikaz realnega in modelnega stanja

optimalnega funkcioniranja naravnih sistemov imamo pogosto opraviti z modeli, kjer stanja ne moremo spremeniti v živo. Včasih je potrebno simulirati razdejanje sistema, česar v resnici ne želimo (scenariji za ujme ali procesi umiranja gozdov). Tudi čas je dejavnik, ki nas navaja na simulacije. Lahko ga skrajšamo (120-letna obhodnja) ali podaljšamo, če se v naravi razvija preveč eksplozivno.

Identifikacija izvora variacije oziroma izolacija samo enega vplivnega faktorja je mogoča samo s simulacijo, le redko jo lahko dosežemo v realnih sistemih. Pri eksperimentiranju se vedno srečujemo z napakami meritev, pri simulaciji teh napak ne poznamo. Včasih želimo ustvariti postopek simulacije, da bi ugotovili stanje soudeleženi spremenljivk in drugih lastnosti sistema. V naravnih poskusih je zaustavitev lahka, toda nadaljevanje postopka je navadno povsem izključeno. Pri postopku simulacije je v nadaljevanju procesa končno stanje spremenljivk ponovno njegovo začetno stanje.

Če uporabimo jezik simbolov in oznak, potem lahko matematični model definiramo

kot funkcijo cilja, množice omejitev in sistematično zbiranje, urejanje in preverjanje vhodnih podatkov, s ciljem, da bi oblikovali eno ali več variant modela, ki vzdržuje povezavo med spremenljivkami sistema, ki ga želimo optimirati.

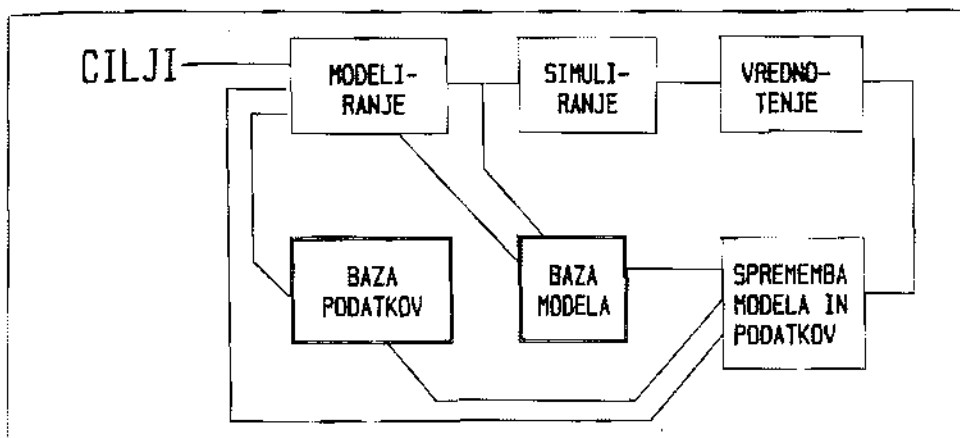
Po definiciji modeliranja in simulacije (Petric) »x« simulira »y«, če:

- sta »x« in »y« del sistema;
- »y« predstavlja simulirani sistem;
- »x« predstavlja aproksimacijo modela;
- pri čemer ni nujno, da je veljavnost »x« v odnosu do »y« popolna.

Simulirani sistem se pogosto pojmuje kot realen, čeprav včasih simuliramo namišljeni sistem, kakršen sploh ne obstaja. Ker se pri simulaciji najpogosteje uporablja računalnik, pod modelom razumemo zaporedje ukazov (program), s katerim sprožimo posnemanje sistema. Simulacija torej ni nič drugega kot eksperimentiranje z modelom

Reševanje problemov z modeli poteka običajno po sledečih korakih:

1. spoznavanje in razumevanje problema,
2. postavitve domneve – faza zasnove modela,



Shema 2: Shematski potek modeliranja in simulacije

3. preoblikovanje problema v matematični okvir,
4. rešitev problema (zgradba modela).
5. interpretacija rezultatov modela,
6. vrednotenje,
7. uporaba modela.

1. Problem spoznamo tako, da analiziramo vhodne količine, razpoložljivo znanje in željene rezultate (cilje). V tem delu moramo podrobno proučiti problem in definirati rezultate, ki naj predstavljajo njegovo rešitev. Najprej določimo cilje, to je tisto zamišljeno, pričakovano ali bodoče stanje, h kateremu težimo. Vsi naši načrtovani postopki in ukrepi so ciljno usmerjeni, zato je osnovna naloga vsakega odločitvenega procesa poiskati, definirati in sistemizirati cilje. Baze modela in baze podatkov predstavljajo razpoložljivo znanje.

2. Če so vhodni in željeni podatki jasni, lahko preidemo k definiranju postopka, to je sestavimo algoritem kot organigram ali blok-diagram, po katerem bo računalnik razreševal posamezne korake.

3-4. Program se sestavi na osnovi prej določenega diagrama poteka in pravil posameznega programskega jezika. Na osnovi tako definirane programa računalnik preračuna vhodne podatke ob sočasnem upoštevanju vgrajenega znanja v programskih pravilih in datotekah, ki ga interpretira kot novo znanje. Izgradnja modela v bistvu ni nič drugega kot sistematičen pristop k reše-

vanju problema.

5. S simulacijo sprožimo oponašanje modela. Rezultate nato primerjamo in po potrebi model modificiramo, tako da se stanji čim bolj približata.

6. Testiranje programa je proučevanje njegove pravilnosti. Mišljena je predvsem njegova logična kontrola, medtem ko se »sintaksa« računalniškega programa razrešuje sproti.

Ker za preverjanje pravilnosti programa nimamo splošnih pravil, si pri testiranju pomagamo s sledečimi načeli:

- Statistična analiza izhodnih podatkov. Vhodne podatke nadomestimo z zaporedjem slučajnih števil, ki imajo enake srednje vrednosti variance.

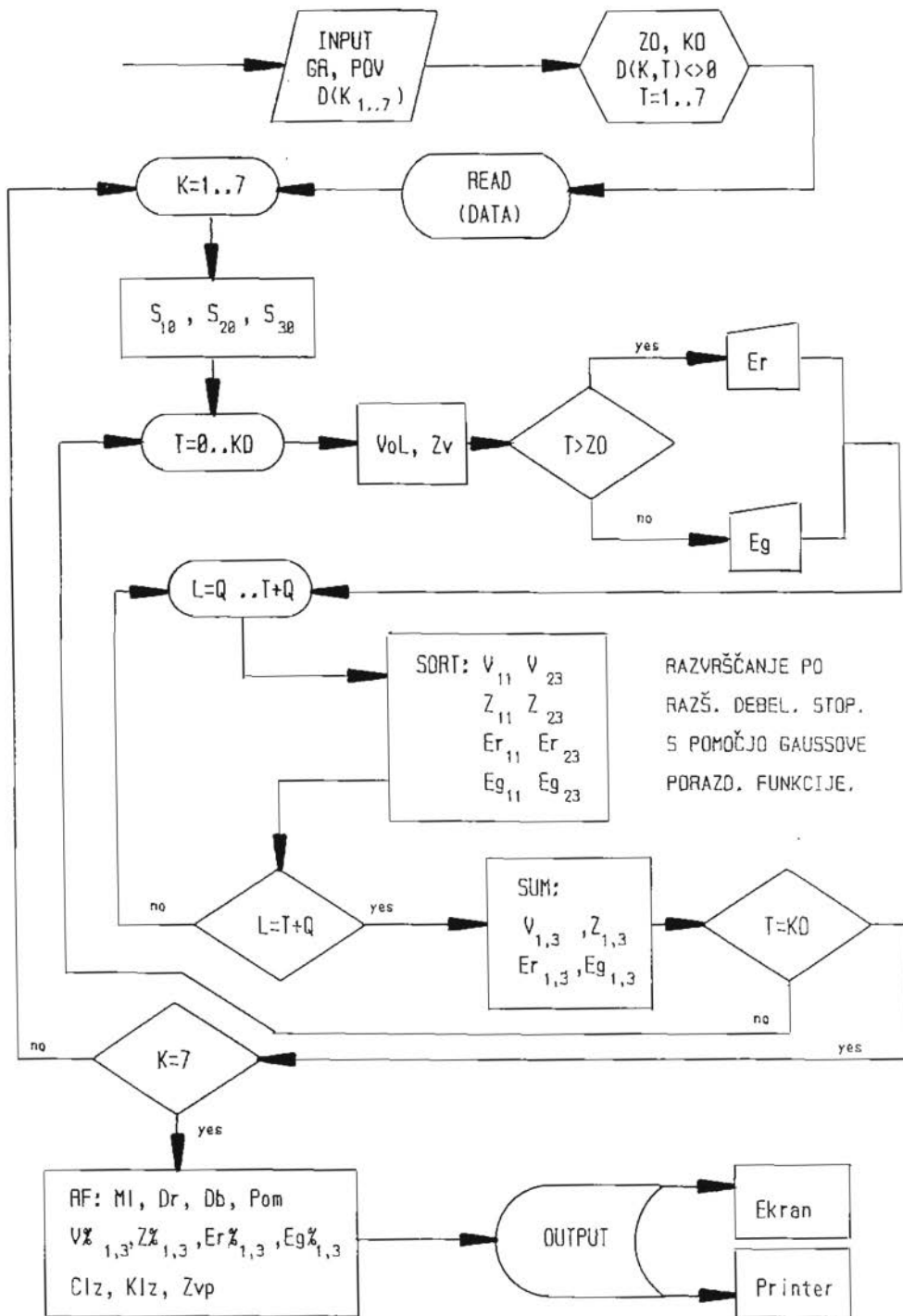
Če dobimo na izhodu velike vrednosti variance, upravičeno podvomimo o zanesljivosti rezultatov.

- Poenostavitev modela. Z zmanjšanjem števila spremenljivk oziroma z njihovo zamenjavo z determinističnimi lahko model prevedemo v matematično obliko, kjer se rezultati lahko uporabijo kot groba aproksimacija.

- Primerjava z obstoječim sistemom. Model primerjamo s tistim, ki smo ga že uporabljali in preizkusili.

- Razdelitev na podmodele. Sistem razbijemo na posamezne enote in vsako od teh neodvisno preverimo.

- Analiza občutljivosti. Postopoma spreminjamo vhodne podatke in z analizo izhodnih odkrivamo učinke posameznih spre-



Shema 3: Diagram poteka modelnega reševanja ciljev območnih gospodarskih razredov



menljivk. Če majhne spremembe vhodnih podatkov povzročajo velike spremembe izhodnih, je očitno prisotna določena nestabilnost; napako moramo odkriti in odstraniti.

Pojem verifikacije ali postopek korektnosti se uporablja pri pregledu oziroma pri preverjanju, ali je simulirani sistem dosledno in natančno preveden v računalniški program. Napake je namreč zelo težko odstranjevati, zlasti če se pomešajo napake programiranja z napakami modeliranja.

#### 4. ZGRADBA MODELA GOSPODARSKIH RAZREDOV

Gozdarsko načrtovanje je pri nas doseglo nezavidljivo raven totalitarnega predpisovanja, na kateri so se bogato razrasle metastaze birokratizma. Zakonodajalec je s številnimi predpisi izrazil patološko nezaupnico operativnemu gozdarstvu in ga vkleščil v obrazce, metode, postopke in šifrate tako dosledno, da je izničil vsak osebnostni pristop, kreativnost in inovativnost. Gozdarski estradni politiki so na področju območnega načrtovanja uzakonili modelno obravnavo gozdov, pri tem pa zanemarili dejstvo, da slovensko gozdarstvo še nima orodij za razreševanje tako zamišljenih problemov. Dokler pa teh ni, lahko ciljna prizadevanja vrednotimo samo intuitivno, brez ustreznih analiz in matematično podprtih rešitev. Za apriorne odpredelitve pa vemo, da bistveno zmanjšujejo znanstveno objektivnost odločanja.

Območni načrti so lahko kakovosten usmerjevalec gospodarjenja, če poznamo tudi ciljno stanje posameznih gospodarskih razredov. V tem primeru so gospodarski razredi učinkoviti informacijski pripomoček, ki ne služi samo za strukturirano ugotavljanje stanja, temveč omogoča zanesljivo prognoziranje razvoja gozdov in uspešno preverjanje trajnosti gospodarjenja.

Školastični biološki sistemi, kakršen je gozd, so sestavljeni iz velikega števila spremenljivk in še večjega števila medsebojnih učinkov. Zato je vsak model, ki posnema naravno rast in razvoj, grajen na poenostavljanju (dekompoziciji). Model je učinkovit, če izloči vse manj pomembne dejavnike in se omeji na vplivnejše, ki pa jih mora izraziti zelo natančno.

O ravnih modelih v gozdarstvu govorimo takrat, ko lahko sestojne vrednosti (Hs, Ds) ali sestojne sumarne vrednosti (V, G, N/ha) izrazimo v odvisnosti od ukrepov, pri čemer s sestojem razumemo vsoto delnih kolektivov ali osebkov dreves.

Racionalno oblikovanje gospodarskih razredov je sestavni del načrtovalnega procesa. V gozdnem gospodarstvu Celje smo oblikovali modele na osnovi splošno veljavnih kriterijev (Speidel):

1. minimalna površina (500 ha);
2. enotnost gozdnogojitvenih postopkov (vrsta obratovanja);
3. homogenost v proizvodnosti rastišč, ravnosti sestojev in kakovosti (podobnost tal, sorodnost gozdnih združb, večja spremenjenost drevesne sestave);
4. meliorativne zahteve in motnje (degradirani in imisijski gozdovi);
5. poudarjene nelesne funkcije (varovalne in socialne).

V obeh sektorjih lastništva smo se odločili za 12 območnih gospodarskih razredov:

1. gabrovja s hrasti in dobrave;
2. submontanski bukovi gozdovi;
3. gorski in visokogorski bukovi gozdovi;
4. kislji bukovi gozdovi;
5. zasmrečeni bukovi gozdovi;
6. toploljubni bukovi gozdovi;
7. iglavci na silikatih;
8. acidofilna borovja;
9. vsi ostali;
10. degradirani gozdovi;
11. zaradi imisij degradirani gozdovi;
12. gozdovi s posebnim namenom;
13. varovalni gozdovi.

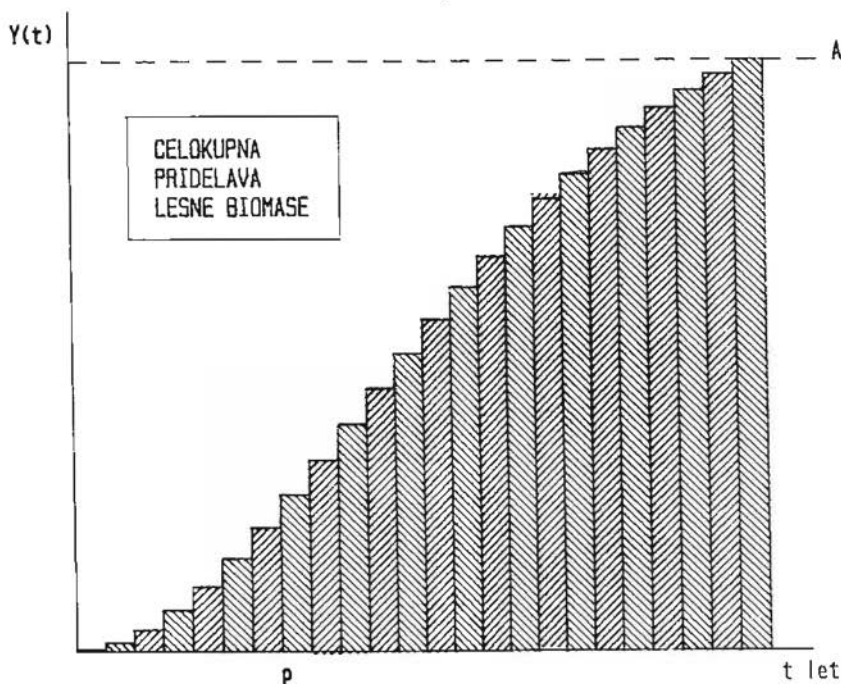
V našem modelu so gospodarski razredi od 1–9 definirani s sledečimi vhodnimi podatki:

- z razmerjem drevesnih vrst,
- s proizvodno in
- pomladitveno dobo.

Podatkovna baza vsebuje za vsak razred koeficiente enačb, ki so združeni po naslednjih skupinah drevesnih vrst: smreka, jelka, ostali iglavci, hrast, bukev, plemeniti in ostali listavci. Zelo neenotno skupino ostalih iglavcev bi bilo potrebno pri večjem deležu še podrobneje razdeliti, kajti ravnostni

$$Y(t) = A * (1 - (1 + k * t^n) * e^{-k * t^n})$$

$$k = \frac{2 * n - 1}{n * p^n}$$



- A = asimptota funkcije (zgornja meja proizvodne zmogljivosti rastišča)  
 p = prevoj funkcije (kulminacija povprečnega starostnega prirastka)  
 n = stopnja polinoma  
 t = starost v letih

Shema 4: Vadnalova funkcija rasti

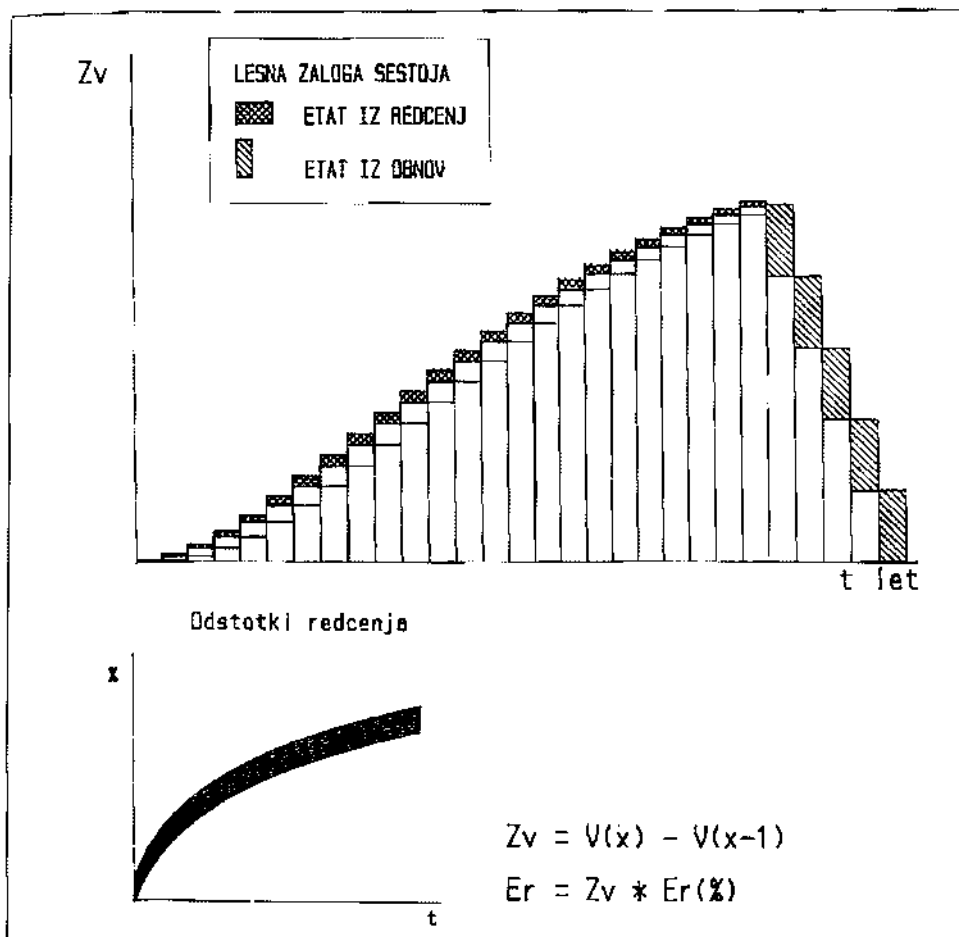
ritmi bora, macesna in duglazije se med seboj zelo razlikujejo. Na osnovi površinskega deleža gozdnih združb v razredu smo za vsako skupino drevesnih vrst proučili njeno razvojno dinamiko in strukturo. Povzeli smo jo iz donosnih tablic, tako da smo vse bonitetne razrede razvrstili v devet razredov in s pomočjo regresijskih izravnjav izrazili koeficiente potrebnih enačb.

1. **Ciljni razvoj lesne zaloge.** Gozdno proizvodnjo lahko uspešno uravnavamo, če poznamo procese rasti. Za organsko rast biomase je značilno, da se vse njene sestavine nepovratno povečujejo. Organski rasti se najbolj približamo z modelom rastne

krivulje, ki sledi obliki črke S. Kot analitični izraz te krivulje smo izbrali Vadnalovo rasto funkcijo, ki je ena najboljših aproksimacij biološke rasti. Njeni parametri dokaj natančno podajajo značilnosti rastišča in biološke razvojne zakonitosti posameznih drevesnih vrst.

Po teoriji normalnega gozda rastna funkcija predstavlja povprečno kumulativno enako zastopanih površinskih enot vseh starosti od 1 do U + PD/2 (obhodnja, povečana za polovico pomladitvene dobe).

2. **Odstotek priraščanja in etata** izračunavamo s pomočjo obrazcev, ki so razvidni v shemi 5.



Shema 5: Prirastek in etat

3. Za razvrščanje podatkov po razširjenih debelinskih razredih moramo ugotoviti mejne vrednosti, pri katerih sestoj prekorači povprečno debelino 10, 30 in 50 cm. Odnos med starostjo in premerom je linearen in zanj potrebujemo dva parametra:

$$STAR(x) = C + D * t$$

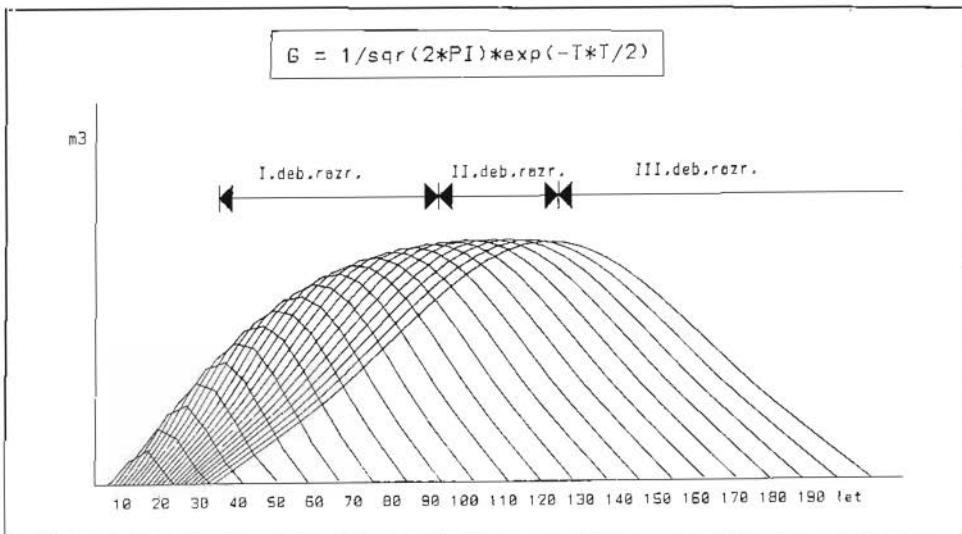
Razvrščanje po razširjenih debelinskih razredih, navedeno v točki 3, ni dalo kakovostnih rezultatov, zato smo modelu dodali še normalno porazdelitveno funkcijo. Zavedamo se, da bo pri dograjevanju modela potrebno upoštevati še večjo ali manjšo porazdelitveno asimetrijo. Vendar že dose-danji model postavlja pred računalnik velike zahteve, saj traja izračun na računalniku

AT pri taktu 16 MH in koprocesorju za en sam gospodarski razred več kot pet minut. To pa močno omejuje preizkušanje variant.

4. Razmerje razvojnih faz izraža porazdelitev sestojev v štiri starostne razrede: mladja, drogovnjake, debeljake in pomlajence. Za izračun ciljnega razmerja razvojnih faz moramo izračunati povprečne mejne starosti, pri katerih sestoj preide iz mladovja v drogovnjak in iz drogovnjaka v debeljak; pričetek in konec obnove pa sta določena z doživno proizvodne in pomladitvene dobe.

Vse izračunane podatke računalnik grafično predstavi na ekranu in izpiše na pisalnik. Ciljni model sestavljajo sledeči podatki:

- lesna zaloga, prirastek, etat redčenj,



Shema 6: Normalna porazdelitev

etat glavnega donosa in skupni etat po razširjenih debelinskih razredih, ločeno za iglavce in listavce v m<sup>3</sup> in odstotkih;

- razvojne faze s podatki o starostnih in debelinskih mejnih vrednostih;
- ciljna (normalna) in končna lesna zalog, povprečni količinski in vrednostni prirastek, kulminacija povprečnega starostnega prirastka;
- normalen obseg gojitvenih in varstvenih del.

Tako dobljeno ciljno stanje v izvlečku prikazuje preglednica 1. Primerjava dejanskega in ciljnega stanja nas prek analiz vodi k alternativnim rešitvam. V nadaljnjem postopku optimiranja variant lahko spreminjamo cilje, vse dokler ne najdemo optimalne rešitve, to je najmanjši input in največji output pri zagotavljeni stabilnosti. Ti podatki povsem zadoščajo za dinamično usmerjanje razvoja gozdov. Vse ostale informacije, ki jih z veliko truda in energije zbiramo za območni načrt, ne prispevajo k večji zanesljivosti uravnavanja trajnosti gospodarjenja.

V nadaljnji evoluciji tovrstnega reševanja problemov pa prehajamo na zahtevnejše področje računalništva, to je na področje umetne inteligence.

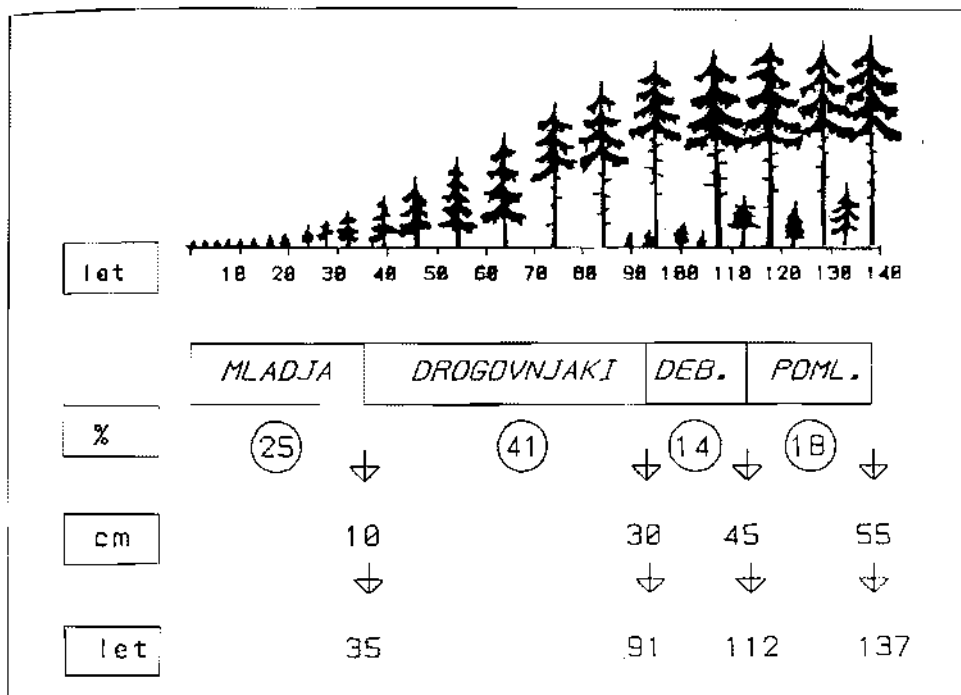
## 5. ZAKLJUČEK

Živimo in delamo v času, ko človekovo

delo vedno hitreje nadomeščajo stroji. Tak stroj je računalnik, nesporno največji izum 20. stoletja. Računalnik je povečal moč našega mišljenja približno tako, kot je na prelomu stoletja parni stroj okreplil moč človekovih mišic. Istočasno nam odvzema duhomorna, utrudljiva in zamudna rutinska opravila. Ker opravlja delo izredno hitro in natančno, lahko veliko eksperimentiramo in na ta način zelo uspešno usmerjamo svoja stremiljenja.

Analize rasti z vključevanjem računalnikov vodijo prek modelov, s katerimi lahko poenostavimo in izboljšamo gospodarjenje in upravljanje z gozdovi. Načrtovanje prihodnjega razvoja gozdov s sodobnimi tehnikami managementa je ekonomično, bolj učinkovito in dolgoročno naravnano. Toda dosedanje metode in tehnike načrtovanja moramo spremeniti. Prenova mora omogočati, da o bodočnosti odločajo strokovnost, znanstvene metode, optimiranje, inovativnost in kreativnost.

Modeli so v gospodarjenju z gozdovi pomembni tako v teoretičnem kot v praktičnem pomenu. Na začetni stopnji jih dojemamo kot teoretične pripomočke, v kasnejšem razvoju pa jih vključujemo v poslovno odločanje. Modeliranje ima tudi veliko didaktično vlogo, in to ne samo v strogo strokovnem, temveč tudi v širšem izobraženem pomenu (timsko delo, pridobivanje



Shema 7: Razvojne faze

novega znanja, novih metod dela idr.).

Toda modeli nosijo v sebi tudi nevarnost prevelike shematizacije, ki nas lahko oddalji od naravnih sistemov. Računalniki so brezupno odvisni od natančnosti informacij in navodil, s katerimi jih »krmimo«. Ker postajajo vedno bolj podobni človeku, je nenehno prisotna nevarnost, da postane človek v končnici razvoja podoben stroju. To pomeni, da se moramo varovati shematskega mišljenja in ne smemo dopustiti, da bi postali orodje lastnega orodja. Sklepne odločitve morajo ostati v naših rokah in ne smemo prepustiti sistemu, da bi odločal namesto nas. V realnem življenju obstajajo namreč tri ravni: numerična, logična in intuitivna. Računalnik brezhibno obvlada prvi dve, ne more pa prevzeti funkcij na intuitivni ravni, zato sta človek in računalnik uspešna samo v razumski simbiozi.

Slovenska gozdarska zakonodaja se odlikuje z »lekarniško« naravnostjo (vse je natančno predpisano), čeprav je že dolgo znano, da se verjetnost napačnih predpostavk povečuje s podrobnostjo predpisova-

nja. Moderno načrtovanje razlikuje oris ali skico plana (feasibility – ali preinvestment-study) in glavni načrt, pri čemer predhodna proučevanja in možnosti izvedbe odločajo o tem, ali naj se lotimo tudi detajlnih študij. Zaradi splošnih usmeritev in racionalnosti območni načrt ne bi smel prestopiti prve načrtovalne ravni. Zaradi dolgoročne naravnosti bo moral veljati tudi za povsem drugačen časovni horizont (najmanj izravnalna doba). Vsebinsko pa bi moral predstavljati scenarij optimalnega razvoja gozdov, ki ob spremljajoči računalniški podpori dopušča enostaven, hiter in uspešen nadzor nad gospodarjenjem z gozdovi (kontrolna metoda). Za ponovno uveljavitev kulture in demokratičnih postopkov odločanja moramo izoblikovati nove norme načrtovanja.

#### VIRI

1. Altman D., Osnovi teorije diskretnog modeliranja i simulacije, Ljubljana, 1982.

Tabela 1: **CILJNO STANJE**

GOSPODARSKI RAZRED: 1 Gabrovja s hrasti in dobrave

## I. DELEŽI DREVESNIH VRST:

Smreka .....	30
Jelka .....	2
Ost. igl. ....	8
Hrast .....	20
Bukev .....	25
Plem. list. ....	10
Ost. list. ....	5

II. KONČNA LESNA ZALOGA	392 m <sup>3</sup>
III. NORMALNA LESNA ZALOGA	341 m <sup>3</sup>
IV. POVPREČNI PRIRASTEK	14 m <sup>3</sup>
VI. VREDN. PRIR. (ČISTI)	2.900 din

## VI. PORAZDELITEV LESNE ZALOGA:

	I. deb. razr.	II. deb. razr.	III. deb. raz.	Skupaj
IGLAVCI	75	59	19	153
%	49	39	13	100
LISTAVCI	115	70	26	211
%	55	33	13	100
SKUPAJ	190	128	45	364
%	52	35	12	100

## VI. PORAZDELITEV PRIRASTKA:

	I. deb. razr.	II. deb. razr.	III. deb. raz.	Skupaj
IGLAVCI	110	33	5	1 list 1300-1
%	74	22	4	100
LISTAVCI	160	36	7	203
%	79	18	4	100
SKUPAJ	270	68	12	351
%	77	19	3	100

## VII. PORAZDELITEV ETATA:

	I. deb. razr.	II. deb. razr.	III. deb. razr.	Skupaj
IGLAVCI	110	57	67	233
%	47	24	29	100
LISTAVCI	232	134	80	444
%	52	30	18	100
SKUPAJ	341	189	145	677
%	50	28	21	100

## VIII. RAZVOJNE FAZE V %

MLADOVJA	DROGOVNJAKI	DEBELJAKI	POMLAJENCI
25	41	14	18

2. Bončina A., Razvoj, vloga in oblikovanje gospodarskega razreda kot načrtovalnega pripomočka, Zbornik gozd. in les., No. 33, Ljubljana, 1989.

3. Bossel H. idr., Dynamik des Waldsterbens, Fachberichte Simulation 4, Berlin, 1985.

4. Gričar J., Elektronski možganski vihar, Revija za razvoj, 6/1989.

5. Harrison P., Operational Research, London, 1983.

6. Petrič J., Operaciona istraživanja, Beograd, 1987.

7. Petrič J. idr., Operaciona istraživanja I, II, Beograd, 1988.

8. Speidel G., Planung im Forstbetrieb, Hamburg, 1972.

9. Sriča V., Uvod u sistemski inženjering, Zagreb, 1988.

10. Stambuk V., Kibernetika s informatikom, Beograd, 1989.

11. Zadnik-Štirn L., Matematični model za optimalno upravljanje gozdno gospodarskih območij, Strokovna in znanstvena dela BF, Ljubljana, 1986.

12. Zadnik-Štirn L., Gašperšič F., Kotar M., Vadnal A., Growth Functions, IUFRO, Ljubljana, 1986 (poster).