

SISTEM EXPERT PENTRU EVALUAREA FAVORABILITĂȚII TERENURILOR AGRICOLE PENTRU PRINCIPALELE FOLOSINȚE ȘI CULTURI AGRICOLE (ExET 1.4)¹

VLAD V., I. MUNTEANU: *Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie, (Bd. Mărăști - 61, 71331 București -I, Tel/Fax: 222.59.79.), C. VASILE (IEA)*

Introducere

Lucrarea prezintă aspecte privind realizarea unui sistem de tip expert pentru evaluarea (bonitarea) terenurilor agricole care implementează pe calculatoare personale metodologia actuală din România privind principalele folosințe și culturi agricole. Sistemul este disponibil pentru utilizare, în versiunea actuală - ExET 1.4 - asigurând evaluarea favorabilității terenurilor agricole pentru grâu, porumb, cartof, legume, lucernă, măr și pășuni. Pentru realizarea sistemului a fost utilizat un generator de sisteme expert ("shell") specializat pentru evaluarea terenurilor, ALES (Automated Land Evaluation System), elaborat de D.G. Rossiter la Universitatea Cornell (SUA).

Scopul sistemului

Având în vedere schimbările din ultimii ani în domeniul agriculturii României s-a impus realizarea unui pachet (sistem) de programe având următoarele scopuri:

- Asistarea luării unor decizii privind utilizarea eficientă a terenurilor agricole (planificare) la nivel local: ferme, asociații agricole, societăți comerciale agricole;
- Asistare la evaluarea terenurilor agricole în vederea impozitării, arendării, vânzării, asigurării, împrumutului de la bănci, arbitrajelor între diferite interese, etc.;
- Asistarea luării unor decizii privind stabilirea politicilor agricole la nivel național și teritorial (ex. județean).

Obiectivele sistemului

Pentru a răspunde la aceste scopuri, sistemul de programe trebuie să îndeplinească următoarele trăsături principale, care se constituie ca obiective de realizare a acestuia:

- Ușurință în utilizare din punct de vedere al procedurii de evaluare și anume disponibilitatea datelor necesare pentru evaluare;
- Limitarea funcțiilor sistemului la necesitățile practice, respectiv sistemul să nu fie mai complicat și să nu efectueze mai mult decât este nevoie în practică sau decât este posibil cu gradul de precizie al datelor disponibile sau care ar putea fi asigurate la costuri rezonabile;
- Extinderea evaluării și la aspectele economice specifice economiei de piață, pe lângă evaluarea fizică (sub aspectul factorilor naturali/ecologici);
- Ușurință în utilizarea sistemului de programe pe calculator și anume: utilizarea directă de către fermieri/specialiști agricoli, interfață "prietenosă" cu utilizatorul, oferirea rezultatelor evaluării într-o formă de utilizare directă (fără a mai fi necesare prelucrări ulterioare), etc.;
- Asigurarea de posibilități de perfecționare continuă și cu ușurință a sistemului.

¹ Publicat în: Curierul ASAS, Oferte de informatică în domeniile agriculturii, 1997, p.II., pp.47-52.

Principii de realizare a sistemului

În urma analizei scopurilor și obiectivelor sistemului, precum și a situației elementelor specifice privind evaluarea terenurilor (metodologii, date disponibile, rezultate ale științei solului) și a realizărilor din domeniul tehnologiei informației, s-au stabilit următoarele principii pentru realizarea sistemului:

- Utilizarea datelor existente obținute prin studiile pedologice de bonitare a terenurilor la scara 1:10.000 și, respectiv, utilizarea metodologiei de bonitare a terenurilor agricole în vigoare astăzi pentru această scară (elaborate în anul 1978 de către Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie - ICPA);
- Luarea în considerare a metodologiei cadru de evaluare a terenurilor agricole elaborate de către FAO (1976, 1983);
- Utilizarea unei tehnologii de referință necesară pentru evaluarea economică;
- Realizarea sistemului pe calculatoare personale - cele mai accesibile pentru toate categoriile de utilizatori;
- Realizarea sub formă de sistem de tip expert;
- Utilizarea pentru realizarea sistemului a unor instrumente informatice existente, care să asigure într-un mod facil, pe cât posibil, următoarele: implementarea modelului de evaluare (ICPA-1978), interfață prietenoasă cu utilizatorul, perfecționarea/reglarea continuă a modelului de evaluare, “personalizarea” modelului la condițiile locale și la cunoștințele/strategiile utilizatorului, documentarea rezultatelor (oferirea de explicații clare privind modul cum au rezultat evaluările).

Modelul de evaluare fizică ICPA-1978

Metodologia în vigoare în România (ICPA,1978) cuprinde modelul de calcul al “notelor de bonitare” ale terenurilor ecologic (relativ) omogene (TEO) pentru diferite culturi sau folosințe. Este un model parametric de evaluare fizică (naturalistică) a gradului de favorabilitate a unui TEO pentru culturile/folosințele respective, neluând în considerare aspectele economice, ci numai caracteristicile (parametrii) fizice (naturalistice/ecologice) intrinseci ale TEO-ului. Sunt luate în considerare principalele caracteristici cu efect relativ stabil în timp asupra favorabilității. Metodologia prevede un model de bonitare “naturală” - corespunzător condițiilor naturale în care se află TEO-ul și un model de bonitare “potențată” - corespunzător unor îmbunătățiri care s-ar putea aduce terenului prin diferite lucrări ameliorative. În această fază s-a implementat numai primul model, care ia în considerare 23 de parametri primari de caracterizare fizico-geografică și pedologică a TEO-urilor (relief, climă, hidrologie și sol): elementul/forma minoră de relief, alunecări sau forma de microrelief, panta, expoziția la soare, media anuală a temperaturii aerului, media anuală a precipitațiilor, adâncimea medie a apei freatică, existența lucrărilor de desecare/drenaj, inundabilitatea, textura în stratul arat (Ap), textura în profil (secțiunea de control), existența contrastului de textură, gleizarea, pseudogleizarea, salinizarea, solonețizarea (alcalinizarea), volumul edafic util, porozitatea totală, permeabilitatea în profil, reacția (pH-ul) în stratul arat (Ap), rezerva de humus în stratul 0-50 cm, conținutul de carbonat de calciu total și gradul de poluare al solului. Acești parametri sunt determinați în cadrul studiilor/cartărilor pedologice pentru fiecare TEO în parte folosind 5-11 (26) clase de valori.

Modelul de calcul este de tip multiplicativ: funcții tabelare stabilesc influențele asupra producției (indici subunitari de reducere a recoltei) pentru diferite culturi/folosințe determinate de fiecare parametru primar sau de grupe de parametri intercondiționați, iar favorabilitatea este dată de produsul acestor indici înmulțit cu 100. Se obține astfel câte o “notă de bonitare” între 0 și 100 a

TEO-ului pentru fiecare cultură/folosință. Modelul pentru calculul notelor de bonitare naturale prevede determinarea a 17 indici subunitari de reducere a recoltei. Aceștia vizează recolta maximă ce se poate obține cu tehnologia curentă medie în condiții naturale optime (cele mai bune din România).

Modelul de evaluare economică

Deși evaluarea fizică a terenurilor are avantajul stabilității în timp, ea nu oferă suficiente informații pentru planificarea utilizării terenurilor la diferite niveluri sau pentru asistarea deciziilor în diferite alte situații (arendare, vânzare, etc.): deciziile de utilizare a terenurilor se bazează în general pe considerente economice; fără o referință economică este dificil a stabili clase realiste (pentru practică) de gradare a favorabilității și a lua în considerare unele aspecte negative ale utilizării terenului care nu se materializează în reducere a recoltei (ex: degradarea solului) și este practic imposibil a se compara două utilizări/folosințe între ele. Din aceste motive este necesară și evaluarea economică. Ea indică gradul de favorabilitate din punct de vedere economic, luând în considerare pe lângă caracteristicile fizice și condițiile socio-economice implicate de utilizările respective ale terenului.

Modelul de evaluare implementat (Rossiter,1990) definește clasele de favorabilitate economică prin clase (intervale) de valori ale profitului net, P, exprimat normalizat în lei/ha/an, obținut prin tipul de utilizare (u) respectiv (cultură/folosință):

$$P = V - C, \quad \text{unde: } V = \text{Venituri totale} \quad \text{și } C = \text{Cheltuieli totale} \quad [\text{lei/ha/an}],$$

Veniturile totale se estimează astfel:

$$V = R_p * p_p, \quad \text{unde } R_p = \text{Recolta} \quad [\text{kg/ha/an}] \text{ de produsul } p \text{ obținută prin utilizarea } u,$$

$$p_p = \text{Prețul de vânzare} \quad [\text{lei/kg}] \text{ estimat pentru produsul } p;$$

$$R_p = RM_p * K_p, \quad \text{unde } RM_p = R_p \text{ maximă obținută pe terenul cu toți parametrii optimi,}$$

K_p = Coeficientul subunitar de bonitare

$$K_p = 100 * \prod_i k_i \quad k_i = \text{indici subunitari de reducere a recoltei.}$$

Următoarele componente se iau în considerare pentru calculul cheltuielilor:

$$C = CG + CT \quad (\text{CG} = \text{Cheltuieli Generale}; \text{CT} = \text{Cheltuieli adiționale specifice TEO-ului})$$

$$CG = CGA + CGM \quad (\text{CGA} = \text{CG Anuale}; \text{CGM} = \text{CG de AMortizare})$$

$$CGA = cga_i * pcga_i \quad (\text{pcga}_i = \text{prețul resursei/cheltuielii } cga_i)$$

$$CGM = cgm_j * rcgm_j \quad (\text{rcgm}_j = \text{rata de amortizare anuală a cheltuielii } cgm_j)$$

$$CT = CTA + CTM \quad (\text{CTA} = \text{CT Anuale}; \text{CTM} = \text{CT de AMortizare})$$

$$CTA = cta_k * pctak \quad (\text{pctak} = \text{prețul resursei/cheltuielii } cga_k)$$

$$CTM = ctm_l * rctm_l \quad (\text{rctm}_l = \text{rata de amortizare anuală a cheltuielii } ctm_l)$$

Generatorul de sisteme expert ALES

O mare parte din obiectivele de realizare ale sistemului propus pot fi asigurate, în mod direct sau printr-o implementare foarte ușoară, de către "shell"-ul de sisteme expert ALES. Acesta este realizat cu limbajul de programare MUMPS și include un nucleu al sistemului de baze de date DataTree MUMPS (DataTree Inc.). Pentru realizarea sistemului expert ExET 1.4 s-a folosit

versiunea ALES 2.3. Shell-ul ALES, fiind specializat pentru “construirea” de sisteme expert pentru evaluarea terenurilor, pune la dispoziția realizatorului de astfel de sisteme următoarele facilități:

- Mecanism de descriere simplă a “bazei de cunoștințe” constituită din setul de caracteristici (primare și derivate) ale terenurilor, nivele de severitate ale calităților terenurilor corespunzătoare diferitelor nivele ale rezultatelor (recolte/produse) tipurilor de utilizare, precum și din “arbori de decizie” (reguli de tip “dacă ... atunci ...”) pentru determinarea obținerii din caracteristicile primare a caracteristicilor derivate și a calităților terenurilor și din acestea din urmă a nivelelor rezultatelor, respectiv a claselor de evaluare fizică și economică. Acest mecanism are în vedere descrierea/modificarea ușoară a unor modele de evaluare empirice (de tip expert) conform metodologiei de evaluare FAO.

- Mecanism de gestiune a bazei de date privind unitățile de teren de evaluat (TEO-urile sau parcelele): definirea machetelor de introducere a caracteristicilor terenurilor, introducerea/modificarea datelor (codurile și suprafețele unităților de teren, componența unităților de teren compuse, valorile caracteristicilor unităților de teren omogene), salvarea/restaurarea datelor, listarea datelor și ștergerea bazei de date;

- Mecanism de inferență care asigură aplicarea modelelor de evaluare din baza de cunoștințe asupra caracteristicilor din baza de date și furnizează rezultatele evaluării (clasele de favorabilitate ale fiecărei unități de teren pentru fiecare tip de utilizare);

- Facilități de vizualizare, salvare pe disc și listare a rezultatelor evaluărilor, precum și a atributelor entităților bazei de cunoștințe (caracteristici terenuri, calități terenuri, tipuri de utilizare, consumuri tehnologice și alți parametri economici, arbori de decizie, adnotări explicative introduse în modele);

- Mecanism de autodocumentare și explicare care asigură furnizarea interactivă a unor informații de ajutor (“help”) pentru utilizare, precum și a explicațiilor privind modul/calea (“raționamentul”) de obținere a evaluărilor (explicații de tip “înlănțuire înapoi”). De asemenea, la orice entitate a modelelor se pot atașa adnotări explicative (definiție, rațiune de a fi utilizat, etc.) care se pot vizualiza în orice moment de către utilizator.

Toate aceste funcțiuni sunt de tip interactiv, utilizând taste funcționale și bazându-se pe ierarhii de meniuri prietenoase pentru utilizator care permit modificarea ușoară a tuturor elementelor sistemului. Mai mult, mecanismul de explicare permite modificarea imediată a parametrilor modelului de evaluare și a datelor primare urmată de reevaluarea imediată, permițând astfel analiza și compararea rapidă a unor alternative (“ce-ar fi dacă ... ?”).

De asemenea, facilitățile de salvare/restaurare pe disc a bazei de date și a rezultatelor evaluărilor, lucrând cu structuri (formate) simple de tip text (ASCII), permit schimbul ușor de date cu alte pachete de programe (preluări date din alte sisteme, post-prelucrări rezultate cu alte programe).

Implementarea modelelor de evaluare

Mecanismele oferite de ALES au permis implementarea modelului de evaluare fizică conform metodologiei FAO (1976), care precizează caracteristica limitativă maximă (sau caracteristicile limitative maxime, dar nu și celelalte caracteristici care introduc limitări) ale unui teren pentru un tip de utilizare, precum și nivelul acestei limitări. Implementarea a necesitat mai multe etape:

- Definirea caracteristicilor primare a terenurilor: cod, denumire, unitate de măsură, clase de valori (cod, nume, limite); Pentru simplificare și impus de unele restricții introduse de ALES, s-

au redefinit două caracteristici față de Metodologia ICPA: contrastul de textură și respectiv formele minore de relief;

- Definirea unor caracteristici derivate și descrierea arborilor de decizie pentru obținerea lor din una sau mai multe caracteristici primare; Pentru optimizarea implementării modelului s-au introdus 6 caracteristici derivate: temperatura corectată, temperatura corectată simplificată, precipitațiile corectate, precipitații corectate simplificate, permeabilitatea simplificată și textura în Ap simplificată;

- Definirea tipurilor de utilizare a terenurilor și anume 7 culturi/folosințe în această versiune (ExET 1.4): grâu, porumb, cartof, legume, lucernă, măr și pășuni.;

- Definirea a 20 calități ale terenurilor, a nivelelor de severitate (clasele de valori) ale acestora, precum și descrierea arborilor de decizie pentru obținerea lor din valorile caracteristicilor primare și derivate (una sau mai multe interconținute) pentru fiecare tip de utilizare. Pentru eficiența și uniformitatea evaluării, s-a adoptat o definiție unitară a nivelelor de severitate - aceiași pentru toate tipurile de utilizare - și anume în funcție de gradul de reducere al recoltei respective. Pentru a nu se pierde din gradul de acuratețe al funcțiilor tabelare din Metodologia ICPA, s-au considerat 9 nivele de severitate (numărul maxim permis de ALES): 1 - 9 (corespunzător coeficienților de reducere a recoltei: 1 / 0,9 / 0,8-0,7 / 0,6 / 0,5 / 0,4 / 0,3-0,2 / 0,1 / 0);

Pentru implementarea modelului de evaluare economică stabilit, s-au parcurs următoarele etape:

- Definirea produsului (recoltei) obținut prin tipurile de utilizare; Pentru toate culturile/folosințele s-a considerat recolta în echivalent-grâu, stabilindu-se recolta maximă corespunzător raportului de prețuri ale produselor respective față de grâu;

- Definirea cheltuielilor, conform câte unei tehnologii de referință, pentru fiecare cultură/folosință. Fiecare din aceste tehnologii cuprinde cantități și prețuri pentru sămânță, îngrășăminte cu azot, fosfor și potasiu, îngrășăminte organice și lucrări manuale, precum și valori totale anuale pentru pesticide, lucrări mecanice, dobânzi, impozit mediu și cheltuieli generale; La măr se ia în considerare investiția de înființare a plantației și rata anuală de amortizare a acesteia; Tehnologia de referință conține elemente standard recomandate (corespunzător mediei curente în țară pentru neirigat) - nediferențiate după caracteristicile terenurilor în vederea comparabilității evaluărilor potențialului terenurilor (spre deosebire de estimarea recoltelor, unde trebuie luate în considerare tehnologiile concrete și datele climatice prevăzute în anul de cultură respectiv); De asemenea, se are în vedere o agricultură de piață (și nu una de subzistență) pentru fermieri individuali sau asociații agricole;

- Descrierea arborilor de decizie pentru obținerea - din calitățile terenurilor - a celor 17 indici subunitari de reducere a recoltelor, pentru fiecare cultură/folosință, conform funcțiilor tabelare din Metodologia ICPA; Influența adâncimii apei freactice interconținută de drenaj/desecări, precipitații corectate și textura în profil a fost considerată separat, iar ceilalți 16 indici au fost obținuți ca factori de recoltă proporționali, corespunzători fiecare la câte una din celelalte calități definite pentru terenuri;

- Definirea claselor de favorabilitate economică FAO (S1 = foarte favorabil, S2 = favorabil, S3 = acceptabil, N1 = neacceptabil economic și N2 = tip de utilizare imposibil din cauza caracteristicilor terenului) prin stabilirea pentru fiecare a limitelor profitului obținut normalizat (lei/ha/an).

Pentru comparabilitate și simplificare, s-a luat în considerare (inclusiv la măr și lucernă) un ciclu anual, respectiv intrări tehnologice și recolte totale anuale;

Concluzii

1. Notele de bonitare au relevanță numai pentru compararea terenurilor față de aceeași cultură/folosință. Evaluarea economică este necesară, având un grad de relevanță mai mare decât nota de bonitare (aceeași notă de bonitare corespunde la valori foarte diferite de profit pentru diferite culturi/folosințe, respectiv același profit corespunde la note de bonitare foarte diferite pentru diferite culturi/folosințe;. Evaluarea economică este însă mai dificilă și mai dinamică, mai ales în condițiile unei economii în tranziție.

2. Necesitatea perfecționării metodologiei de evaluare prin:

a) Luarea în considerare și a altor aspecte:

. caracteristici de teren în plus (ex: mediile lunare pt. temperatură și precipitații, respectiv durata perioadei favorabile creșterii plantelor),

. conservarea/protecția resurselor de teren, respectiv riscul/vulnerabilitatea la anumite degradări relativ la tipurile de utilizări (agricultură durabilă),

. poziția față de centre urbane,

. accesibilitatea (drumuri, cale ferată),

. calitatea produsului rezultat din utilizarea respectivă (calitatea recoltei),

. alte tipuri de utilizare (în primul rând asolamente);

b) Definirea și a altor indicatori relevanți pentru diferite tipuri/scopuri de evaluare (ex: diferite producții potențiale);

c) Definirea mai corectă a tehnologiei de referință; Definirea mai multor tehnologii de referință pentru aplicarea diferențiată în diferite cazuri/scopuri (impozitare, arendare, planificare, scară mică, etc.);

d) Reconsiderarea unor aspecte de evaluare (ex: luarea în calcul a unor cheltuieli de ameliorare a unor caracteristici de teren în locul coeficienților de reducere a producției);

e) Revederea unor coeficienți de bonitare;

f) Utilizarea simulării pe calculator pe baza unor modele dinamice ale sistemului “sol-plantă-atmosferă” pentru creșterea preciziei și a posibilităților de evaluare;

g) Evoluarea către un sistem suport de decizii care să integreze diferite modele de optimizare/simulare sau de tip expert, cu furnizarea de recomandări alternative.

3) Sistemul de tip expert asigură obiectivele scontate (ușurința în utilizare, ușurința în dezvoltare/adaptare, interfață prietenoasă, documentarea rezultatelor, etc.); El constituie, de asemenea, un instrument util pentru asistarea cercetărilor de perfecționare a metodologiei de evaluare.

4) Generatorul de sisteme expert utilizat (ALES) prezintă totuși unele dezavantaje (dificultatea de implementare a procedurilor algoritmice și a altor tipuri de reguli decât cele predefinite în ALES); Apare necesitatea utilizării altor instrumente informatice (ex: Visual C, NEXPERT OBJECT, etc.) care să asigure flexibilitatea necesară pentru implementarea modelelor de evaluare mai complexe avute în vedere, pentru realizarea unei interfețe grafice avansate (ex: tip Windows) și altele.