

# ASISTAREA DECIZIEI PENTRU AGRICULTURĂ DURABILĂ

Rădulescu Constanța Zoie

[radulescu@ici.ro](mailto:radulescu@ici.ro)

Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare  
în Informatică, ICI, București

**Rezumat:** În prima parte a acestui articol se prezintă concepte generale privind Sistemele Suport de Decizie (SSD) și arhitectura unui SSD orientat pe date. Se analizează apoi câteva exemple de SSD (orientate pe date) destinate rezolvării problemelor din agricultură. Se definește conceptul de analiză multidimensională a datelor OLAP (On Line Analytical Processing) și se realizează o comparație între două implementări ale OLAP, ROLAP și MOLAP. Se definesc trei modele multidimensionale prin care se pot analiza diverse probleme legate de agricultura durabilă.

**Cuvinte cheie:** Sisteme Suport de Decizie, model multidimensional, OLAP, protecția mediului, agricultura durabilă.

## 1. Introducere

Importanța durabilității ca un concept cheie legat de elaborarea de politici privind protecția mediului a crescut rapid în ultimii ani. În zilele noastre durabilitatea este aplicată în multe domenii, în timp ce, surprinzător, interpretările acestui concept sunt adesea diverse. Elementele de bază ale durabilității pot fi găsite în cea mai des folosită definiție a dezvoltării durabile dată de Lester Brown, fondatorul Worldwatch Institute: „Dezvoltarea durabilă este dezvoltarea care îmbină cerințele prezentului fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi”. Această definiție a fost preluată în raportul intitulat "Our Common Future - Viitorul nostru comun" de World Commission on Environment and Development al Comisiei Brundtland [20]. După opinia unor specialiști (cercetători și politicieni) această definiție implică faptul că acțiunile, politicile, proiectele trebuie să fie judecate prin impactul pe care îl au asupra mediului alături de criteriile tradiționale de eficiență. În loc de a limita conceptul de durabilitate la „durabilitate ecologică” alți specialiști privesc dezvoltarea durabilă ca un echilibru între trei componente: mediu, economic și social. Dacă dezvoltarea este durabilă atunci interesele economice, sociale și de mediu ar trebui să fie în echilibru acum și în viitor. Durabilitatea este deci caracterizată prin trei aspecte principale, adesea conflictuale: aspectul economic (eficiența), aspectul social (echitatea) și aspectul mediu (poluarea, degradarea).

În sectorul agricol legătura dintre eficiență, echitate și mediu este evidentă. Performanța economică în agricultură depinde, în primul rând de disponibilitatea și calitatea resurselor naturale. Daunele provocate mediului pot să afecteze negativ productivitatea agricolă și venitul care la rândul lor pot face presiuni asupra structurii economice și sociale în comunitățile rurale.

O categorie importantă de instrumente informatice utilizate în rezolvarea problemelor legate de o dezvoltare durabilă în agricultură o reprezintă sistemele de asistare a deciziei. Aceste instrumente sunt numite și Sisteme Suport de Decizie – SSD (Decision Support Systems - DSS). Dintre acestea de real ajutor sunt SSD bazate de analiza multidimensională a datelor, analiza multicriterială (multiatribut și multiobiectiv), managementul riscului, data mining, statistică avansată. Primele două, adică cele bazate pe analiza multidimensională a datelor și analiza multicriterială (multiatribut și multiobiectiv) pot lua în considerare caracterul conflictual al elementelor ce definesc durabilitatea. Criteriile legate de elementele de productivitate, volumul producției și protecția mediului sunt cele mai frecvent utilizate.

În prima parte a acestui articol se prezintă concepte generale privind Sistemele Suport de Decizie (SSD) și arhitectura unui SSD orientat pe date. Se analizează apoi câteva exemple de SSD (orientate pe date) destinate rezolvării problemelor din agricultură. Se definește conceptul de analiză multidimensională a datelor OLAP (On Line Analytical Processing) și se realizează o comparație între două implementări ale OLAP, ROLAP și MOLAP. Se definesc trei modele multidimensionale prin care se pot analiza diverse probleme legate de agricultura durabilă.

Primul pas pentru a înțelege un sistem agricol este înțelegerea relațiilor dintre sistem și numeroși factori fizici, chimici și biologici care îl influențează. Orice decizie ce privește astfel de sisteme cere o explorare analitică a datelor implicate. Activitatea de explorare are la bază o memorare eficientă a datelor și un mecanism eficient de regăsire, analiză și prelucrare a acestora. Un astfel de mecanism este analiza multidimensională a datelor (OLAP). Prin diverse vizualizări ale datelor multidimensionale decidentul poate descoperi legături între laturile economice și cele legate de protecția mediului. Informația relevantă,

sintetizată prin analiza mai sus amintită, reprezintă un real sprijin pentru decizie.

## 2. Sisteme Suport de Decizie

Conceptul de SSD este un concept foarte general căruia cercetătorii și practicienii îi dau adesea diverse semnificații. Astăzi când industria de software evoluează rapid, termeni ca Sistem de Informare Executivă (EIS - Executive Information System) transformat recent în Sistem de Informare de Întreprindere (Entreprise Information System), Inteligența afacerilor (Business Intelligence) și adesea Magazine de date (Data Warehouse) sunt utilizați ca ramuri ale SSD sau chiar pentru a înlocui termenul de SSD. Singurul element comun pentru toate aceste sisteme specifice este de a furniza informație decidenților pentru a îmbunătăți luarea deciziilor.

Sistemele suport de decizie sunt numite și sisteme de asistare deciziei (SAD). Punctul de pornire în definirea sistemelor de asistare a deciziilor îl reprezintă chiar cuvintele din denumirea sa: sistem, asistare și decizie. Cuvântul *sistem* desemnează o arhitectură complexă care se manifestă ca un tot, cu interacțiuni și interdependențe între elementele componente. *Asistarea deciziei* semnifică faptul că decizia nu o ia sistemul ci omul (managerul, decidentul, analistul). Omul rămâne factorul activ, care în final ia decizia. Cel care îl ajută este calculatorul. O denumire mai apropiată ar fi "Sisteme Informatice de Asistare a Deciziilor". În sistemele interactive (în terminologia franceză de exemplu "Systemes Interactifs d'Aide a la Decision") rolul activ al factorului uman este mai bine evidențiat.

În privința termenului de *decizie* lucrurile nu sunt foarte clare, pentru că noțiunea de decizie nu este foarte clară. Sistemele de asistare a deciziilor sunt sisteme informatice care asistă decidentul pe parcursul tuturor fazelor procesului decizional.

O definiție a SSD este „un SSD este un sistem informatic interactiv menit să-l ajute pe decident să utilizeze date și modele pentru a identifica și rezolva probleme și a lua decizii”. Sistemul trebuie să ajute pe decident în rezolvarea problemelor nestructurate sau semiestruurate și să dispună de o interfață utilizator interactivă ușor de învățat și utilizat [1].

O definiție extinsă a SSD este dată în [3]. Aici se definește SSD ca o clasă de sisteme informatice, cu caracteristici antropocentrice, adaptive și evolutive, care integrează o serie de tehnologii informatice și de comunicații de uz general și specifice și care interacționează cu celelalte părți ale sistemului informatic global al organizației. Menirea SSD este de a atenua efectul limitelor și restricțiilor decidentului într-un număr semnificativ de activități pentru rezolvarea unei palete largi de probleme decizionale nebanale.

Un SSD are patru principale caracteristici [18]: (a) încorporează date și modele (b) asistă managerii în procesul de decizie pentru probleme slab structurate sau nestructurate), (c) asistă și nu înlocuiește judecata decidentului uman, (d) îmbunătățește eficiența deciziilor și nu eficiența cu care deciziile sunt realizate.

Aspectele noi legate de complicarea și de diversificarea activităților decizionale cât și dezvoltările recente în tehnologia informației adaugă noi atribute SSD-urilor precum cele legate de funcțiile de analiză a volumelor mari de date acumulate în organizație, sau de comunicare între decidenții organizației în echipe sau grupuri posibil virtuale.

Tipuri de SSD [11] sunt: (a) SSD orientate pe comunicații (Communication-Driven DSS), (b) SSD orientate de date (Data-Driven DSS), (c) SSD orientate pe documente (Document-Driven DSS), (d) SSD orientate pe cunoștințe (Knowledge-Driven DSS), și (e) SSD orientate pe modele (Model-Driven DSS). Dintre aceste tipuri de SSD, în continuare, se va aborda în acest articol doar tipul de SSD orientate de date (Data-Driven DSS).

SSD orientate către date (Data – driven DSS) se referă la acele sisteme suport pentru decizii în care subsistemul de gestiune a unor volume mari de date structurate reprezintă componenta tehnologică dominantă. Din clasa SSD orientate către date un loc special îl ocupă magazinele de date (Data Warehouse) și analiza multidimensională a datelor prin prelucrarea analitică on line (On Line Analytical Processing – OLAP). Data mart este o categorie specială de magazie de date, organizată la nivelul unui departament. Ea conține un volum mai mic de date comparativ cu o magazie de date.

Este clar că SSD aparțin unui cadru larg de sisteme cu fundamente multidisciplinare în care cercetarea privind bazele de date, modelarea și simularea, interacțiunea om-calculator, inteligența artificială și telecomunicațiile joacă un rol esențial. Cele mai recente SSD sunt bazate pe Web. Mai multe informații privind SSD se găsesc în [3], [4], [2], [10], [16], primul capitol din [11], [7], [14], [12].



### 3. SSD pentru probleme specifice agriculturii

Există numeroase Sisteme Support de Decizie orientate pe asistarea deciziei în probleme din agricultură. Unele sunt bazate pe date altele pe modele. Câteva exemple de preocupări legate SSD pentru agricultură, orientate pe date sunt:

- SSD bazat pe Internet care include achiziții de date, sistem de distribuție și reprezentare, tutoriale pentru a crește volumul recoltelor odată cu reducerea costurilor și a poluării mediului și pentru arhivarea datelor asupra productivității [15];
- sistem de agricultură integrat ce suportă colecții de date, transmisii, prelucrări și mașini controlate digital pentru a informatiza, lega în rețea și automatiza activitățile legate de agricultură [13];
- sistem informatic bazat pe Internet pentru asistarea deciziei de selecție a erbicidelor pentru diverse combinații de buruieni și culturi [17];
- în [19] s-a propus un instrument de tip OLAP care suportă dimensiuni dinamice. OLAP poate da răspunsuri considerând un anumit tip de recoltă, cu un sortiment dat și într-o regiune agro-climatică dată pe o perioadă de mai mulți ani. În alte cazuri se poate cere să fie considerate datele la nivel de lună sau sezon sau agregate la nivel de mai mulți ani. Zonele agro-climatice pot să se întindă peste mai multe frontiere administrative. Unii utilizatori pot să ceară informații referitoare pentru o unitate administrativă dată într-o zonă agro-climatică dată. La fel pentru un anumit sortiment din cadrul recoltei. Fermierii pot cere date privitoare la anumite soiuri ale unui anumit tip de cultură și administratorii pot cere numai valori agregate ale tipului de recoltă. Cubul OLAP poate foarte ușor suporta acest tip de interogări. El este capabil să stocheze date multidimensionale. Cu ajutorul OLAP se pot realiza operații de roll-up și drill-down. Acestea permit selectarea unui nivel de granularitate;
- în [5] este prezentat un prototip al unei baze de date pentru integrarea metadatelor de mediu în cadrul unui sistem OLAP. El suportă fuziunea datelor, interogări și acces bazat pe Web pentru date care implică mai multe domenii. Fiecare varietate de recoltă conține detalii despre condițiile favorabile și tratamente. Între acești parametri domeniile de variație ale temperaturii și umidității au fost definite pentru fiecare varietate de recoltă. Acest lucru este util în special pentru a propune tipul de recoltă cel mai potrivit și soiul.

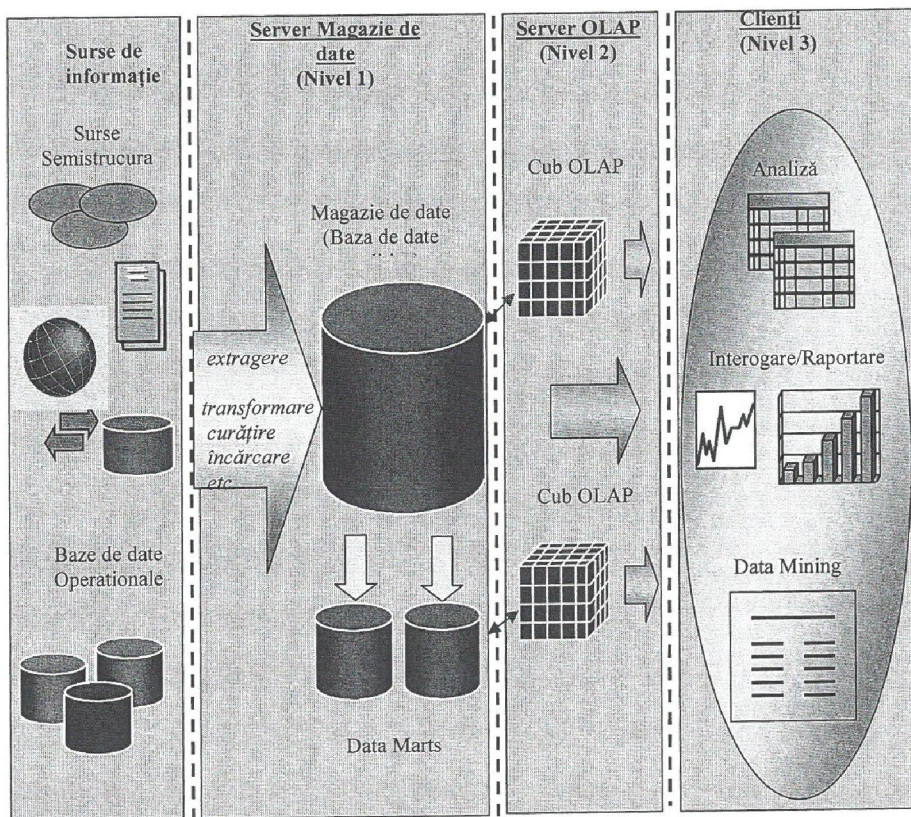
### 4. Arhitectura unui SSD orientat pe date

Diferiți autori identifică diferite componente pentru un SSD.

Corespunzător lui Power [11] se discută construirea unui SSD în termenii a patru componente principale (a) interfața utilizator, (b) baza de date (c) instrumente analitice și modele și (d) arhitectura SSD și rețea.

Marakas [7] propune o arhitectură generală ce cuprinde cinci părți distincte (a) sistemul de management al datelor, (b) sistemul de management al modelului (modelelor), (c) motorul de cunoștințe, (d) interfața utilizator și (e) utilizatorul (utilizatorii).

În figura 1 se prezintă componentele unui SSD (orientat pe date) complex, organizat pe nivele. În acest SSD sunt incluse componente ce ar trebui să se regăsească într-un SSD orientat pe date de generație nouă. Există astăzi o mare varietate de arhitecturi de SSD – uri în care există diferențe față de sistemul prezentat. Acest lucru se datorează diversilor producători de astfel de sisteme.



**Figura 1. Arhitectura unui SSD complex orientat pe date**

În această arhitectură de SSD datele sunt organizate într-o magazie de date (bază de date analitică). Inmon [6] a definit o *magazie de date* ca o colecție de date destinată fundamentării deciziei manageriale, orientată pe subiect, integrată, ne-volatilă și organizată pe perioade de timp. Privind enunțul cu ochiul unui matematician, acesta ar putea fi descompus într-o definiție („o magazie de date este o colecție de date destinate fundamentării deciziei manageriale”) și o caracterizare („o astfel de colecție de date este (1) orientată pe subiect, (2) integrată, (3) plasată într-un context temporal, și (4) permanentă (ne-volatilă)”). Fiecare dintre aceste idei joacă un rol important, în conceptul de cât de activă poate fi o magazie de date pentru a asista cerințele de management al datelor. Ca o extensie a conceptului de magazie de date a apărut conceptul de „data mart” – colecție de date specifice. Acest concept a apărut ca urmare a faptului că în cadrul unei organizații există mai multe tipuri de analiză asupra aceleiași colecții de date.

Se disting două metode principale prin care se poate valorifica informația din magazia de date: „mineritul” în date (*data mining*) și analiza multidimensională – OLAP (*On Line Analytical Processing*). Analiza multidimensională a datelor va fi detaliată în continuare.

Data mining este o tehnică care vizează descoperirea unor „șabloane” (*patterns*) semnificative în structura datelor, care să indice tendințe generale. Tehnicile implicate în mineritul datelor sunt tehnici complexe, de exemplu: arbori de decizie, arbori de clasificare, rețele neuronale, vizualizarea datelor, logică fuzzy, statistică matematică.

Pentru probleme de dezvoltare durabilă un astfel de SSD poate fi adaptat problemelor ce implică o dezvoltare durabilă.



## 5. Analiza multidimensională a datelor – OLAP

Analiza multidimensională a datelor prin OLAP facilitează înțelegerea unor cantități mari de date printr-un acces rapid și interactiv la o mare varietate de vizualizări posibile ale informației, organizate într-un model multidimensional.

În procesul de decizie cererea de integrare a datelor crește rapid pe măsură ce apar noi surse de informații. Într-o abordare bazată pe magazine de date, informația selectată este extrasă în avans și stocată în magazine de date care posedă performanțe superioare de interogare a informațiilor. Tehnologiile legate de magazine de date și OLAP sunt metode importante, recente care permit analizarea rapidă și folosirea în comun a informațiilor în sprijinul activităților de decizie critice. Un număr mare de produse OLAP comerciale au fost elaborate pentru a veni în sprijinul necesităților crescute de analizarea datelor. Tehnologiile OLAP sunt folosite în principal pentru analiza afacerilor. Totuși tehnologiile OLAP sunt adecvate analizei proceselor și din domenii cum ar fi industria, agricultura, transporturile, protecția mediului, etc. Tehnicile de prelucrare analitică on line sau analiza multidimensională a datelor OLAP (On line Analytical Processing) permit managerilor să analizeze datele după mai multe dimensiuni și ierarhii. Unele soluții OLAP memorează date sau accesează date direct din magazia de date altele memorează date într-un format multidimensional.

Modelul multidimensional permite modelarea și vizualizarea datelor în dimensiuni multiple. El este definit prin dimensiuni și fapte. „Dimensiunile” conțin descrierea informațiilor care dau înțeles numerelor conținute în tabelul „fapte”. „Dimensiunile” conțin de obicei valori alfanumerice. „Fapte” conțin valori numerice pe care le analizăm. Dimensiunile și faptele sunt legate între ele prin structuri de tip stea, fulg de zăpadă sau constelații.

Instrumentul OLAP permite analiza interactivă și rapidă a datelor prin operații de tip rulare (roll-up), forare (drill-down), feliere și decupare de cubulețe (slice and dice) și pivotare. Utilizatorii pot obține rezultate imediate prin formularea de întrebări, parcurgând dinamic dimensiunile structurii multidimensionale, lucrând cu niveluri diferite de sinteză sau detalieri. Operația de roll up (rulare) conduce la o sintetizare a datelor. Această sintetizare se realizează fie mergând de la un nivel inferior către un nivel superior într-o ierarhie a unei dimensiuni, fie prin reducerea dimensiunii. Operația de drill down (forare) este inversă operației de roll up. Ea presupune trecerea de la un nivel superior de sinteză la un nivel inferior. Creșterea nivelului de detaliere la datelor se poate și realiza și prin adăugarea de noi dimensiuni. Operațiile de roll up și drill down pot fi executate asupra componentelor unei ierarhii a unei dimensiuni. De exemplu dacă aplicăm operația de drill down pentru un an, vom vedea descendenții direcți din ierarhia dimensiunii timp, adică trimestrele pentru an. Dacă aplicăm operația de roll up pentru trimestrul 1, pentru un an, vom ajunge la anul respectiv.

Operațiile de feliere și decupare de cubulețe (slice and dice) presupun:

- alegerea partiției pentru fiecare dimensiune a modelului multidimensional al datelor (ceea ce se realizează în interogări prin clauza “group by”);
- decuparea dintr-o partiție particulară de-a lungul uneia sau mai multor dimensiuni (corespunzător clauzei “where”).

Operația de pivotare presupune reorientarea cubului de date (3 D) pentru vizualizare în plane 2D.

Există două implementări ale OLAP mai importante: OLAP multidimensional (MOLAP) și OLAP relațional (ROLAP). În modelul MOLAP serverul de baze de date multidimensional efectuează atât managementul datelor cât și prelucrarea analitică. Conceptual datele din serverul de baze de date multidimensional sunt stocate ca o matrice multidimensională în care fiecare celulă din matrice este formată din intersecția tuturor dimensiunilor. În această abordare numai câtevava dintre celule au o valoare. Astfel manipularea matricii rare devine esențială în modelul MOLAP. Datorită acestei organizări a datelor orice tip de interogări care cer agregarea datelor pot să primească un răspuns eficient. Problema nu este standardizată. Mai multe modele MOLAP au fost prezentate în literatura de specialitate dar până acum nici unul dintre ele nu a primit o largă recunoaștere. O altă problemă este problema normalizării (aducerii la un numitor comun). Modelele multidimensionale se pretează la manipularea datelor agregate dar când sunt necesare mai multe nivele pentru scopuri de drill down dimensiunea bazei de date crește rapid. În modelul ROLAP serverul de baze de date multidimensional este înlocuit de către un sistem de gestiune a bazelor de date relațional. Interogările și managementul bazei de date pot fi executate cu instrumente standard și interfețe cum ar fi SQL și ODBC. Baza de date conține atât date detaliate cât și agregate. Totuși unele concepte trebuie să fie folosite pentru a utiliza datele preconsolidate. Baza de date relațională are metode eficiente de a stoca valorile nule indiferent dacă datele sunt agregate sau nu. Ele

furnizează o bună normalizare prin intermediul unor tehnici precum prelucrarea paralelă a interogărilor. Problema în abordarea ROLAP este că numărul mare de tabele cerut pentru analiză multidimensională reduce performanța în operațiile de reuniune de tabele și prelucrare de indici. Un alt dezavantaj al abordării ROLAP este că prelucrarea analitică este făcută de către programul client. O altă implementare a OLAP este HOLAP. Un server HOLAP combină ROLAP și MOLAP. De exemplu poate utiliza ROLAP-ul pentru datele istorice în timp ce menține accesul frecvent la date într-un MOLAP separat.

Mai multe informații privind magazinele de date și OLAP se găsesc în [8], [9], [21], [22].

## 6. Modele multidimensionale ale datelor legate de probleme de agricultură durabilă

Elementele unui model multidimensional sunt:

- tabelul „fapte” conține valori numerice pe care le analizăm numite fapte sau măsuri. Este tabela centrală într-o schemă stea, fulg de nea sau constelație și conține măsuri numerice ce leagă faptele de tabelele dimensiune;
- tabelele „dimensiune” conțin de obicei valori alfanumerice. Aceste tabele sunt organizări ierarhice de categorii care descriu elementele din tabelul fapte;
- schema stea este o structură de bază de date relațională în care datele sunt menținute într-o tabelă „fapte” din centrul schemei cu date „dimensiune” suplimentare memorate în tabele „dimensiune”. Fiecare tabelă dimensiune este legată direct cu tabelul „fapte” printr-o cheie. Schemele de tip stea sunt cele mai folosite scheme în magazinele de date;
- cuburile sunt mulțimi de date care sunt organizate și sumarizate în structuri multidimensionale definite de un set de dimensiuni și măsuri. Deși de regulă gândim cuburile ca structuri geometrice tridimensionale în magazinele de date cubul de date este  $n$ -dimensional.

Vom prezenta în continuare trei exemple de modele multidimensionale ale datelor axate pe probleme de agricultură durabilă ce pot fi analizate prin OLAP.

*Exemplu 1. Analiza producției agricole prin OLAP*

*Problema:* Producția agricolă

*Dimensiuni:* Sortiment, Fermă, Sol, Fertilizator, Pesticid, Temperatură, Precipitații, Timp, Cost, Dăunător. Alții factori ce influențează producția (legați de poluarea mediului)

*Fapte:* producția (suprafața cultivată, producția la hectar, productivitatea, cantitatea de fertilizator, cantitatea de pesticid, costul)

*Scopul:* Analiza recoltei în vizualizări diverse ce permite găsirea celor mai bune sortimente pentru un anumit sol, cei mai buni fertilizatori pentru un anumit sol, găsirea legăturii dintre folosirea unor pesticide pentru combaterea dăunătorilor și poluare, găsirea altor dependențe ce influențează producția. Analiza de tip OLAP ajută pe decident să găsească cele mai bune soluții pentru producerea de recolte mari ținând cont de poluarea datorată folosirii fertilizanților și pesticidelor.

*Exemplu 2. Analiză OLAP pentru poluarea mediului datorată activităților agricole*

*Problema:* Poluarea datorată activităților agricole

*Dimensiuni:* Locul de măsurare, sortimentul cultivat, mediu(sol, apă, aer), poluant (pesticide, insecticide, fungicide, fertilizatori), timpul, alții factori ce influențează poluarea

*Fapte:* poluarea

*Scopul:* Analiza poluării mediului prin determinarea nivelurilor de poluare atinse în raport cu poluanții și schimbările climatice.

Un alt exemplu ce implică și date spațiale este

*Exemplu 3. Analiză OLAP pentru planificarea folosirii pământului.*

*Problema:* Planificarea folosirii pământului

*Dimensiuni:* Timp, Sol, Vegetație, Fermă, Altitudine, Temperatură



*Fapte:* utilizarea pământului, producția

*Scopul:* Analiza producției unei ferme considerând localizarea și forma ei, informația despre proprietar, solul, temperatura, altitudinea și particularitățile de vegetație.

Vom detalia în continuare modelul multidimensional al datelor din exemplul 1 (Analiză OLAP pentru analiza producției agricole). Pentru a ilustra cubul 3D luăm în considerare numai trei dintre dimensiuni și anume „sortimentul cultivat”, „timp” și „fertilizator”. Pentru fiecare dintre aceste dimensiuni considerăm un număr mic de elemente. Astfel dimensiunile și elementele (atributele) modelului sunt:

- dimensiunea „sortimentul cultivat” cu 3 elemente, {grâu, porumb, ovăz},
- dimensiunea „timp” cu 4 elemente {A1, A2, A3, A4}, anii 2002-2005 și
- dimensiunea „fertilizator” cu 5 elemente (A/S, CAN, UREA, DAP, A/C).

Numărul de celule al modelului este egal cu 60 și reprezintă numărul maxim de înregistrări din tabelul fapte. Considerăm o singură măsură și anume suprafața cultivată. Cubul 3D pentru acest exemplu este prezentat în figura 2.

O imagine sugestivă asupra cubului de date pentru 2, 3 și 5 dimensiuni este prezentată în figura 3. Pentru 5 dimensiuni se pot considera pentru exemplificare dimensiunile „tipul de sol” și „ferma”. Pentru fiecare dintre aceste cuburi de pot obține diverse vizualizări ale datelor prin operații OLAP (rulare (roll-up), forare (drill-down), feliere și decupare de cubulețe (slice and dice) și pivotare).

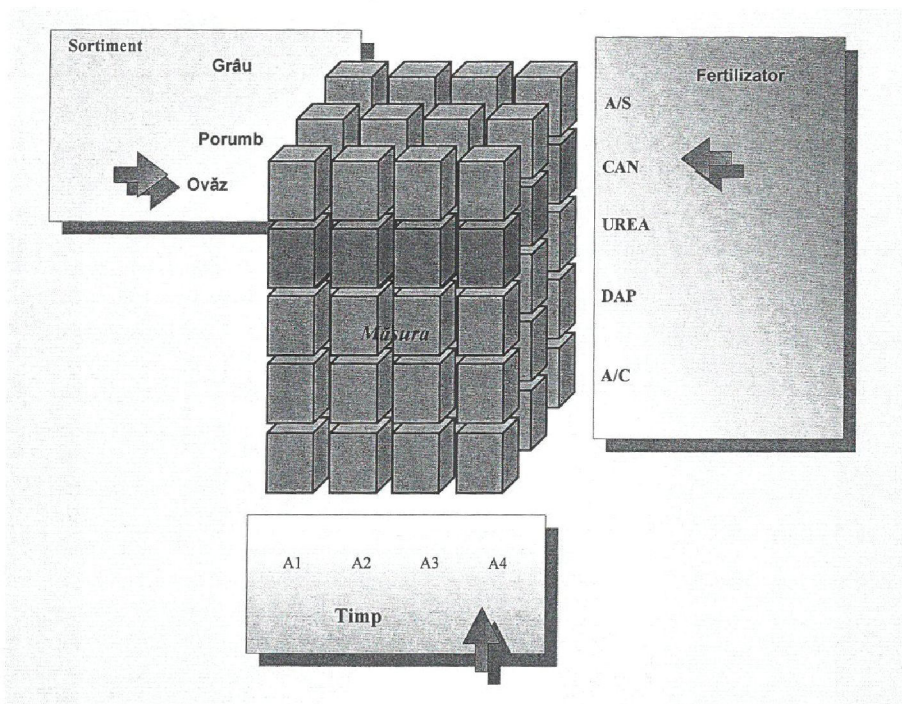


Figura 2. Modelul multidimensional pentru 3 dimensiuni

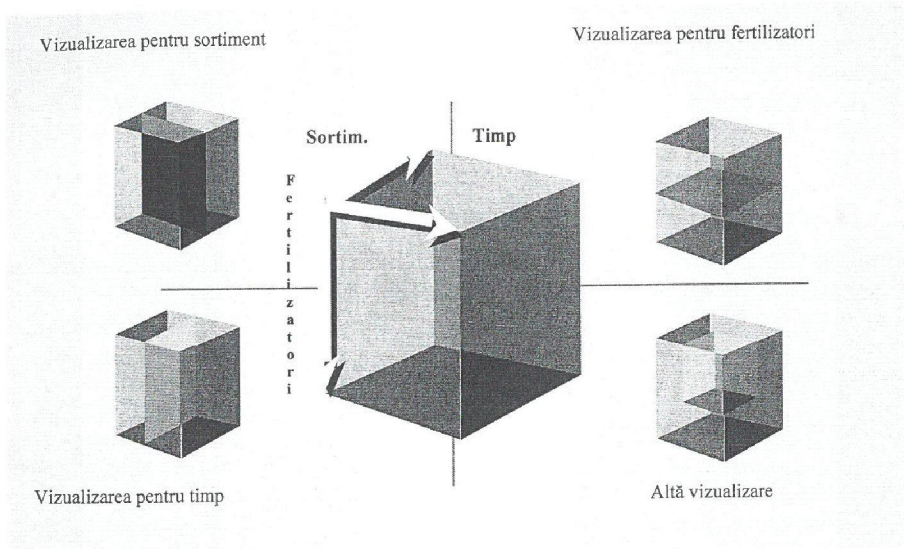


Figura 4. Vizualizări ale modelului multidimensional

Dacă considerăm mulțimea  $D$  cu elemente dimensiunile modelului  $n$ -dimensional  $d_1, d_2, \dots, d_n$ :  
 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$  atunci  $P(D)$ , mulțimea părților lui  $D$  este

$$P(D) = \{\emptyset, \{d_1\}, \{d_2\}, \dots, \{d_n\}, \{d_1, d_2\}, \dots, \{d_1, d_2, d_3\}, \dots, \{d_1, d_2, \dots, d_n\}\} \text{ iar } |P(D)| = 2^n$$

Sunt deci  $2^n$  părți ale mulțimii  $D$ . Fiecare parte reprezintă o vizualizare (vedere) unică a datelor la un nivel dat de granularitate. Selectând diverse părți din mulțimea  $D$  putem analiza datele în raport cu măsurile alese. Pentru exemplul nostru mulțimea  $D$  are 3 elemente iar mulțimea părților lui  $D$  este,  $|P(D)| = 2^3 = 8$ . Modelul multidimensional permite obținerea de vizualizări ale datelor (existente și / sau calculate) pentru toate datele din dimensiunile considerate precum și pe submulțimi ale acestora. Un exemplu pentru operații vizualizări ale modelului multidimensional al datelor din exemplul 1 sunt prezentate în figura 4.

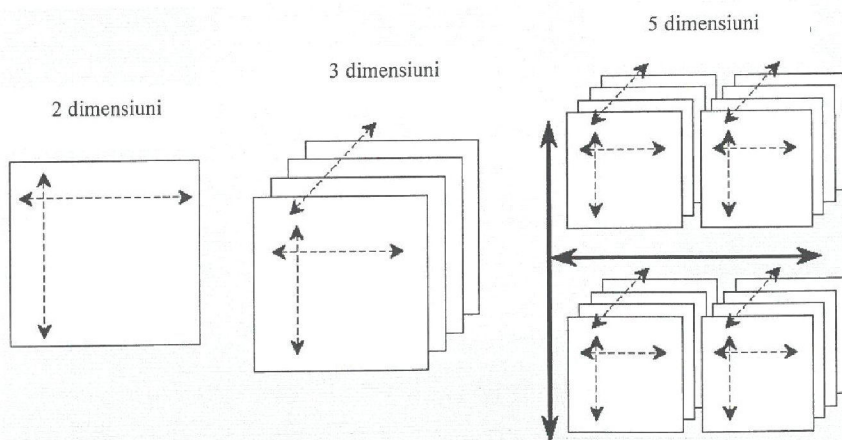


Figura 3. Imaginea modelului multidimensional pentru 2,3 și 5 dimensiuni



Conceptul de dezvoltare durabilă implică armonizarea sau realizarea simultană a obiectivelor legate de creșterea economică și protejarea mediului înconjurător. Conceptul de dezvoltare durabilă are un caracter multidimensional. În general este imposibil să maximizăm mai multe obiective în același timp. Teoria deciziei multicriteriale ne arată că în acest caz trebuie căutate soluții de compromis. Analiza de tip OLAP ajută pe decident să găsească cele mai bune soluții în probleme de agricultură durabilă.

## 7. Concluzii

Problemele de dezvoltare durabilă necesită luarea de decizii raționale. Complexitatea problemelor face ca luarea deciziei să devină din ce în ce mai dificilă. Progresele realizate în cadrul teoriei deciziei și sistemelor suport de decizie au determinat apariția de metode ce pot ușura decidentului de azi luarea deciziilor celor mai adecvate, pentru probleme cu grad de complexitate ridicat. Totuși elaborarea unor modele adecvate, care să ia în considerare durabilitatea, precum și proiectarea și realizarea de SSD bazate pe astfel de modele, reprezintă o sarcină dificilă.

În lucrare s-a prezentat o sinteză privind Sistemele Suport de Decizie, magazinele de date și OLAP. S-a accentuat asupra modelului multidimensional al datelor și s-au prezentat trei modele multidimensionale bazate pe probleme din agricultura durabilă. Este important de a identifica și organiza cantitatea mare de date și informații existente în domeniul agricol, cu scopul de a le analiza și prelucra (prin OLAP, data mining, analiză multicriterială etc.).

Lucrarea a încercat să demonstreze utilitatea folosirii analizei multidimensionale de către decidenți în rezolvarea problemelor de agricultură durabilă.

## Bibliografie

1. **BONCZEK, R. H., C. HOLSAPPLE, A. B. WHINSTON:** Foundations of Decision Support Systems, Academic Press, New York, 1981.
2. **DRUZDZEL, M. J., R. R. FLYNN:** Decision Support Systems. Encyclopedia of Library and Information Science. A. Kent, Marcel Dekker, Inc., 1999.
3. **FILIP, F. G.:** Sisteme suport pentru decizii, Editura Tehnică, București, 2004.
4. **FILIP, F. G.:** Decizie asistată de calculator decizii, decidenți, metode de bază și instrumente informatice asociate, Editura Tehnică, București, 2005.
5. **GELLER, H., S. CONGER, J. ERTLSCHEWIGER:** A Prototype Metadata Database for Online Analytical Processing of Environmental data, Scientific and Statistical Database Management, Ninth International Conference Proceedings, 1997, pp. 92 – 95.
6. **INMON, W.:** What is a Data Warehouse?, Prism Solutions, Inc., 1995.
7. **MARAKAS, G. M.:** Decision Support Systems in the 21st century. Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall, 1999.
8. **PENSE, N.:** What is OLAP? An Analysis of what the Increasingly Misused OLAP Term is Supposed to Mean. OLAP Report, Optima Publishing Ltd, (<http://www.olapreport.com/FASML.HTM>), 2004.
9. **PENSE, N.:** The Origins of Today's OLAP Products. The OLAP Report, Optima Publishing Ltd, (<http://www.olapreport.com/origins.htm>), 2005.
10. **POWER, D. J.:** Web-based and Model-driven Decision Support Systems: Concepts and Issues. Americas Conference on Information Systems, Long Beach, California, 2000.
11. **POWER, D. J.:** Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers. Westport, Conn., Quorum Books, 2002.
12. **SAUTER, V. L.:** Decision Support Systems: an Applied Managerial Approach. New York, John Wiley, 1997.
13. **SHIHAO, T., Z. QIJIANG, Z. XIAODONG, L. SHAOMIN, W. MENXIN:** A Conception of Digital Agriculture, In Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. International, Vol. 5, No. 24-28, 2002, pp. 3026 – 3028, Vol. 5.

14. **SILVER, M.:** Systems that Support Decision Makers: Description and Analysis. Chichester; New York, Wiley, 1991.
15. **SOIZIK, L., S. SANTHOSH, C. GRANT, W. ELIZABETH, W. CHARLES:** Helping Farmers and Ranchers to Use Remote Sensing as a Basic Management Tool: a Development of an Interactive Remote Sensing and Image Processing Teaching Process, In Geoscience and Remote Sensing Symposium, Vol. 6, 2001, pp. 2881 – 2883, Vol. 6.
16. **SPRAGUE, R. H., H. J. WATSON:** Decision Support Systems: Putting Theory into Practice. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, 1993.
17. **THOMSON, A. J., I. WILLOUGHBY:** A Web-based Expert System for Advising on Herbicide Use in Great Britain, Computers and Electronics in Agriculture Vol. 42, 2004, pp. 43–49.
18. **TURBAN, E.:** Decision Support and Expert Systems. New York: Macmillan, 1990.
19. **VAISMAN, A., A. MENDELZON, W. RUARO, S. CYMERMAN:** Supporting Dimension updates in an OLAP Server, In Information Systems 29, 2003, Elsevier, pp. 165–185.
20. \* \* \*: WCED, (World Commission on Environment and Development), Our Common Future, Earthscan Publications, London, 1987.
21. **WHITE, C.:** Multidimensional OLAP vs. Relational OLAP. InfoDB 10, 2 (1996), pp. 1-4.
22. \* \* \*: OLAP Council, OLAP: On – Line Analytical Processing (<http://www.dssresources.com/glossary/olaptrms.html>), 1997.