

APLICAREA LOGICII FUZZY ÎN EVALUAREA ȘI GESTIUNEA PATRIMONIULUI

S. Albu, dr.conf.univ.

Universitatea Tehnică a Moldovei.

1. APLICAREA METODELOR MATEMATICO-STATISTICE ÎN PROCESUL EVALUĂRII

Metodele matematice, statistice și econometrice se aplică pe larg în procesul estimării valorii patrimoniului. În special le regăsim în cadrul analizei pieței, analizei tendințelor de schimbare a factorilor de ordin economic, social, administrativ, a cererii și ofertei, precum și în analiza inter-legăturii lor cu valoarea patrimoniului, însă nu numai. În ultimii ani se observă tendința de „matematizare” a

evaluării, aplicarea aparatului matematico-statistic în scopul minimizării incertitudinii existente în procesul evaluării patrimoniului.

Adaptările modelării matematice la fenomenele economice concrete au la bază o concepție asupra mărimilor (indicatorilor) care participă în procesul fundamentării complexe a deciziei. Aceste mărimi fiind culese din diferite surse, implicând presa periodică, observări, anchete, rapoarte etc. permit măsurarea lor cu diferite grade de precizie (fig.1).

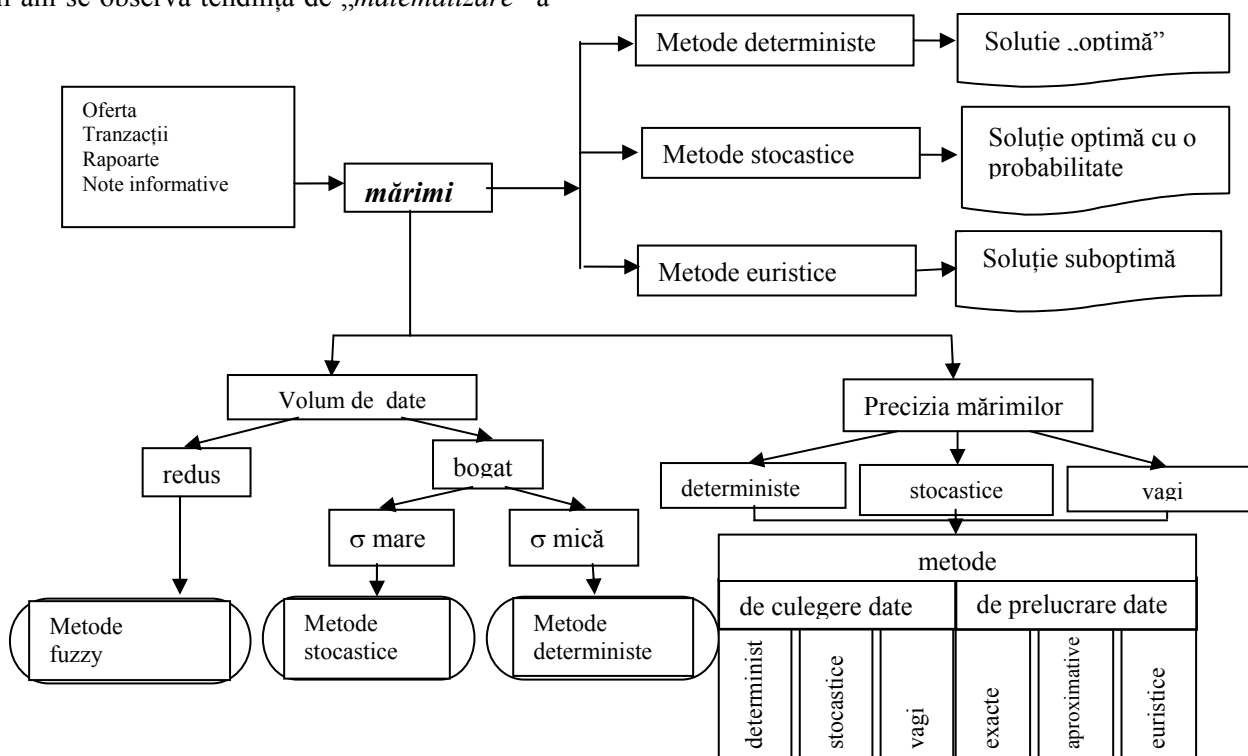


Figura 1. Clasificarea mărimilor și metodelor

Din punct de vedere al preciziei, mărimile ce caracterizează procesele economice se clasifică în trei mari categorii [6, p.8]: mărimi deterministe (riguros stabilite cu o valoare unică), mărimi stocastice / aleatorii (mărimi ce au o mulțime de valori cărora li se asociază o probabilitate) și mărimi vagi / fuzzy (nu au o valoare unică, ci o

mulțime de valori cărora li se asociază un grad de apartenență la o anumită proprietate).

Această clasificare a mărimilor care pot caracteriza procesele economice permite gruparea similară a metodelor de prelucrare a datelor: metode deterministe, metode stocastice și metode fuzzy.

O altă clasificare bazată pe criteriul exactității presupune gruparea metodelor în exacte, aproximative și metode euristice.

Ambele moduri de clasificare sunt necesare pentru a pune în evidență precizia la diverse etape ale fundamentării deciziei: culegerea datelor și prelucrarea acestora în scopul adoptării unei decizii.

Generalizând experiența practicienilor și teoreticienilor în domeniul evaluării, propunem schema formalizată de aplicare a diverselor metode matematice în vederea estimării valorii patrimoniului (tab.1).

Tabelul 1. Aplicarea metodelor statistico-matematice pentru evaluarea patrimoniului

Etapa evaluării	Scopul intermediar	Metode / modele aplicate
1	2	3
Analiza preventivă, colectarea și selectarea datelor	culegerea datelor	<ul style="list-style-type: none"> • selectarea eșantionului • gruparea datelor în baza caracteristicilor calitative • gruparea datelor în baza caracteristicilor cantitative
	prelucrarea datelor	<ul style="list-style-type: none"> • aprecierea parametrilor distribuției datelor selectate (măsuri ale tendinței centrale: media aritmetică, moda, mediana, speranța matematică; măsuri ale abaterii de la tendința centrală: amplitudinea împrăștierii, abaterea medie, abaterea standard (media pătratică a abaterilor) și dispersia) • teoria erorilor
	aprecierea gradului de influență a factorilor asupra valorii patrimoniului	<ul style="list-style-type: none"> • crearea și verificarea ipotezelor statistice și a intervalelor de încredere • corelația și regresia simplă liniară – aprecierea dependenței liniare dintre două variabile cantitative • regresia multiliniară – aprecierea dependenței liniare dintre două variabile de interval • regresie non-liniară – aprecierea dependenței neliniare dintre două variabile
Analiza celei mai eficiente utilizări		<ul style="list-style-type: none"> • analiza comparativă • programare liniară
Aplicarea abordărilor evaluării	modelarea estimării valorii patrimoniului	<ul style="list-style-type: none"> • Metodele algebrei liniare: matricele, sisteme de ecuații liniare, determinanți • Programarea liniară • Metode de reducere a datelor: modelul aditiv, modelul cumulativ al lui Guttman, modelul cumulativ al lui Mokken, analiza factorială, analiza cluster, modelul de scalare multidimensională și modelul unfolding, etc.
Reconcilierea valorilor și aprecierea valorii finale		<ul style="list-style-type: none"> • metoda analizei ierarhiilor • coeficientul de variație • media ponderată • aplicarea analizei matriciale

Sursa: elaborat de autor

De asemenea, pe larg sunt aplicate teoria probabilităților și teoria erorilor. Putem întâlni recomandări de aplicare și a următoarelor metode:

- analiza path – o formă extinsă a analizei de regresie liniară, care permite formalizarea unei teorii cauzale, specificând logica interacțiunilor și determinărilor dintre

variabile și fenomene, și produce estimări empirice ale efectelor variabilelor ce constituie un sistem cauzal;

- Analiza logliniară – metodă de analiză categorială, adică de analiză a variabilelor categoriale, variabile a căror scală constă într-un set de categorii, indiferent de modul

cum s-au constituit acele categorii (spre exemplu: orientarea politică – „socialist”, „liberal”, „naționalist”, sau materialul constructiv al clădirii – „cărămidă”, „piatră tăiată”, „bloc din beton”);

- Analiza cluster – o metodă prin care elementele unei mulțimi sunt grupate în submulțimi, pornind de la una sau mai multe însușiri ale acestor elemente.

În scopul estimării valorii de piață sau a valorii pentru impozitare a imobilului putem întâlni aplicarea modelelor simple economico – matematice de tip aditiv, multiplicativ și hibrid.

Un astfel de model pentru aprecierea valorii de piață a imobilului locativ tipizat din mun. Chișinău a fost propus de către doctorul în economie Albu Ion [1]. Valoarea imobilului se determină aplicând procedeul legăturii inverse (evaluarea adaptivă):

$$VI = \pi CG * (P_{med} * S * \pi CC + \Sigma AC) \quad (1)$$

unde: VI este valoarea imobilului; πCG – produsul variabilelor calitative generale; P_{med} – prețul mediu la 1 m² suprafață totală pe sectoare; S – suprafața totală a imobilului evaluat; πCC – produsul variabilelor calitative ale clădirii (locuinței); ΣAC – suma variabilelor aditive ale clădirii (locuinței), valoarea îmbunătățirilor (telefon, boiler, încălzire autonomă, subsol).

De asemenea, un model hibrid se aplică în prezent la evaluarea valorii imobilului în scopul impozitării, model elaborat în cadrul Agenției Relații Funciare și Cadastru din Republica Moldova.

2. EVALUAREA PATRIMONIULUI PRIN PRISMA LOGICII FUZZY

Actuala teorie a evaluării ne indică estimarea valorii bunurilor din trei puncte de vedere: al costurilor necesare creării acestor bunuri, al veniturilor ce pot fi generate de bunurile respective și al pieței. Fiecare din aceste abordări implică situații probabilistice, care în funcție de metodele aplicate sunt considerate în mod diferit.

În cadrul **abordării prin cost** valoarea se determină ca suma valorii terenului (V_t) și a construcției (V_c) considerând deprecierea acumulată (D): $V = V_t + (V_c - D)$. Valoarea terenului depinde de prețurile formate pe piață și de veniturile potențiale care ar putea fi generate de acest teren. Valoarea construcției considerate noi (valoarea de înlocuire sau reconstituire) depinde de

prețurile la materiale, manoperă, exploatarea mașinilor și utilajului, costuri de întreținere și comercializare, beneficiul solicitat de investitor. Deprecierea acumulată, de asemenea, este o mărime incertă și subiectivă, care depinde de gradul de profesionalism al evaluatorului. Simplificându-și lucrul, evaluatorul operează cu mărimi medii probabile.

Abordarea prin comparații este axată pe prețurile obiectelor analogice, care de obicei, sunt ale ofertei (tranzacția nu avut loc deci și suma este incertă, poate fi modificată în timpul negocierilor), iar bunul evaluat adesea diferă de cel analogic fapt care introduce imprecizie considerabilă (chiar dacă prin ajustări se încearcă a fi aduse la o stare comparabilă).

Cele mai multe controverse, însă, le găsim în cadrul **abordării prin venit** la capitalul determinarea ratei de actualizare sau a ratei de capitalizare. Rata de capitalizare trebuie să cuprindă toată gama influențelor probabilistice care ar permite transformarea venitului așteptat în valoarea estimată. Rata de actualizare cuprinde probabilități variate extinse pe un orizont larg de timp, valoarea fiind determinată prin însumarea veniturilor probabile căpătate în diferite perioade. Astfel, valoarea reprezintă o sumă probabilă căpătată în urma efectuării operațiilor matematice cu cifre ce cuprind deja un înalt grad de probabilitate.

Prin urmare, valoarea poate fi considerată un voal dens ce acoperă bine prețul bunului (care este un fapt cert), densitatea voalului fiind într-o dependență directă de incertitudinea pieței și riscurile aferente bunului, tranzacției cu acest bun și/sau exploatării continue a acestuia.

Teoria valoare = utilitate susține că valoarea este o expresie a utilității și rarității. Teoria valoare = muncă afirmă că valoarea este produsul muncii. Teoria valoare = entropie consideră valoarea drept un fapt în sine bazat pe legile generale ale naturii și în special pe legea conservării materiei și legea entropiei.

Utilitatea este o categorie vagă ce diferă considerabil în funcție de persoană. Ea nu poate fi măsurată cu precizie și respectiv nu este un fapt cert pentru oricine. Munca fiind efectuată cu certitudine nu poate fi măsurată cu precizie, măsurându-se doar rezultatul ei. Unul consideră că munca sa este mai valoroasă, altul din contra – că nu valorează nimic. Teoria valoare-entropie operează cu categorii concrete, de încredere și cu o precizie mai înaltă. Însă, dacă cele trei forme de existență a materiei - substanța, energia și informația pot fi considerate într-o anumită măsură certe și precise, apoi în urma organizării acestora prin intermediul entropiei joase

în valoare (având în vedere legea de bază a naturii: nimic nu se pierde, nimic nu se câștigă - totul se transformă) se micșorează și nivelul de certitudine, și gradul de precizie. Prin urmare, valoarea reprezintă o categorie economică imprecisă și incertă, care pentru concretizare este de obicei exprimată prin preț, cost, venit, profit.

Astfel, în practică ne întâlnim cu **incertitudini** (se referă la încrederea care i se acordă sumei calculate; dacă sursa de informație, metodele de calcul sau expertul sunt complet siguri, demni de încredere, informația este certă) și **imprecizii** (se referă la conținutul informațional; informația este precisă dacă mulțimea valorilor specificate în enunțul corespunzător au o valoare unică). În cercetările noastre am încercat să examinăm problema incertitudinii și impreciziei valorii cu ajutorul logicii fuzzy.

Valoarea (în special valoarea de piață) poate fi specificată drept o mărime incertă și imprecisă care tinde a deveni certă și precisă la momentul transformării în **preț**. Și deoarece oricărei sume calculate în procesul evaluării îi putem atribui un grad de apartenență față de preț, valoarea poate fi considerată un număr fuzzy, care este de fapt o mulțime fuzzy a mulțimii numerelor reale cu o funcție de apartenență convexă, continuă și suport mărginit.

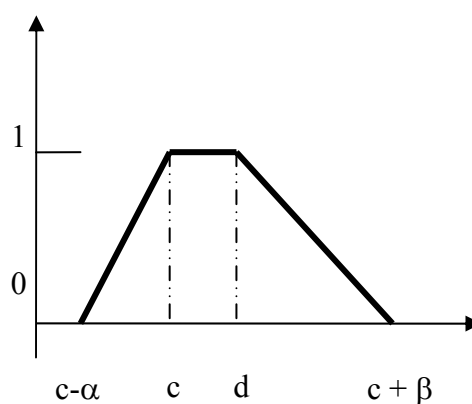
Mulțimea fuzzy poate fi un număr fuzzy triunghiular cu centrul într-un punct sau număr fuzzy trapezoidal cu interval de toleranță. Concluziile menționate în rapoartele de evaluare se referă și la primul, și la al doilea. De obicei, evaluatorul, în concluzia finală, menționează că valoarea se află în intervalul (fig.2.b) dintre A ($c-\alpha$) și B ($d+\beta$) – un număr fuzzy trapezoidal cu intervalul de toleranță de la cifra minimă (c - cheltuielile efectuate pentru crearea bunului) până la cifra maximă (d - veniturile așteptate în urma utilizării bunului¹). Totodată deducerea valorii finale în urma reconcilierii rezultatelor reprezintă un număr fuzzy triunghiular semnificația lui fiind „după părerea evaluatorului valoarea de piață a bunului constituie c ” (fig.2.a).

Examinarea teoriei evaluării prin prisma logicii fuzzy permite a formula următoarele concluzii:

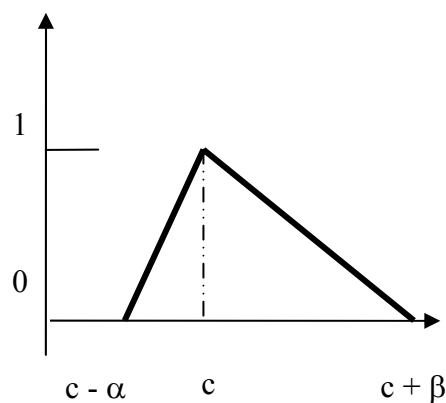
- Valoarea este un număr fuzzy.
- Convențional putem considera că (fig.3)

¹ Se pot întâlni și situații inversate, cifra maximă poate fi determinată de vânzările obiectelor analogice (în cazul situațiilor speculative), iar cea minimă de veniturile așteptate (în cazul reglementării veniturilor de către organele legislative). În acest caz nu poate fi vorba de valoare de piață.

- Valoarea de piață are o incertitudine medie-joasă și imprecizie medie-joasă;
- Valoarea investițională are o natură duală: incertitudine medie și imprecizie joasă sau incertitudine joasă și imprecizie medie, în funcție de tipul investiției;
- Valoarea de lichidare are o incertitudine și imprecizie mai joasă comparativ cu alte valori;
- Valoarea de bilanț fiind axată pe costurile concrete are cea mai înaltă precizie și certitudine;
- Valoarea de înlocuire fiind o informație certă este totuși imprecisă.



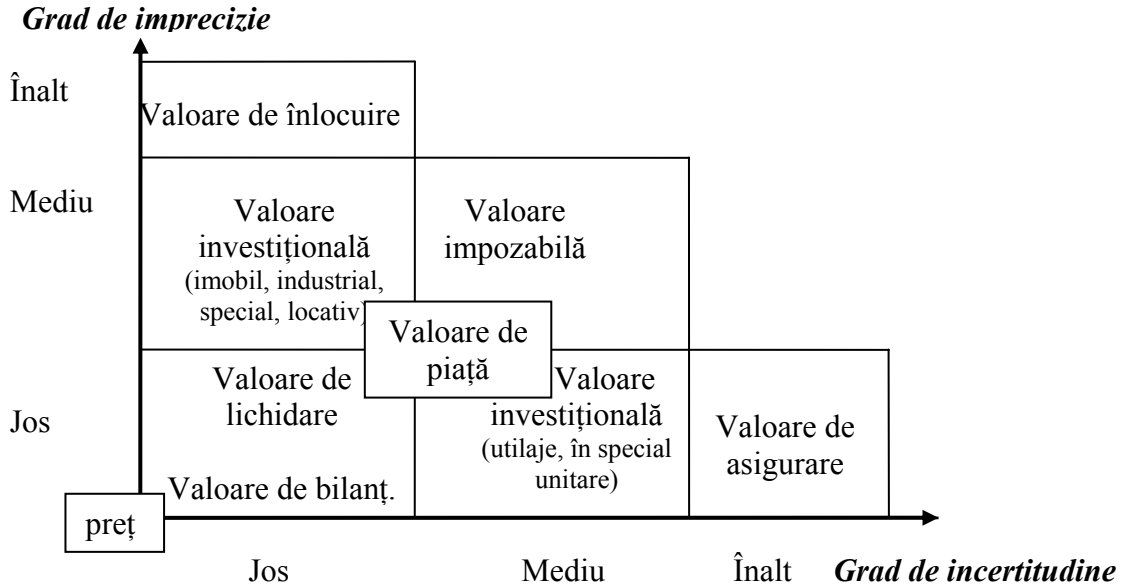
a. număr trapezoidal



b. număr triunghiular

Figura 2. Valoarea - număr fuzzy

În linii mari, însă, orice valoare este influențată de o multitudine de factori, impactul cărora asupra valorii depinde de diversele conjuncturi ale pieței, decizii politice și/sau economice.



Sursa: elaborat de autor

Figura 3. Tipuri de valori – imprecizie și incertitudine.

Exprimând în formă grafică, cele menționate mai sus, observăm că valoarea calculată, prin trei abordări de bază, poate avea un grad de apartenență situat între g și 1 . Cu cât g este mai aproape de unitate cu atât mai exactă este valoarea calculată. Teoretic, sumele calculate prin toate trei abordări trebuie să coincidă. Practica, însă, ne demonstrează existența unui interval de toleranță ($c - d$) uneori destul de impunător (fig.4.).

Din fig.4. și 5. putem observa: cu cât intervalul $c-d$ este mai mic, cu atât valoarea este mai precisă, g tinde spre unitate. Prin urmare, valoarea este complet definită, în termenii logicii fuzzy, de mulțimea combinațiilor:

$$VE = \{(V_i, \mu_{VE}(V_i)) | V_i \in S\} \quad (1)$$

în care: V_i – valoare calculată (prin abordarea costurilor (V_{cost}), prin abordarea veniturilor (V_{venit}), prin abordarea comparativă (V_{compar}); S – intervalul sumelor calculate conform abordărilor aplicate; $\mu(V_i)$ – funcția de apartenență.

Deoarece S este o mulțime finită, vom aplica notația:

$$VE = \left\{ \begin{aligned} &V_{cost} / \mu(V_{cost}) + V_{venit} / \mu(V_{venit}) + \\ &+ V_{compar} / \mu(V_{compar}) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\mu(V) = \begin{cases} 1 - \frac{c-V}{\alpha}, & c - \alpha \leq V \leq c, \\ 1 - \frac{V-c}{\beta}, & c < V \leq c + \beta \\ 0, & \text{altfel} \end{cases} \quad (3)$$

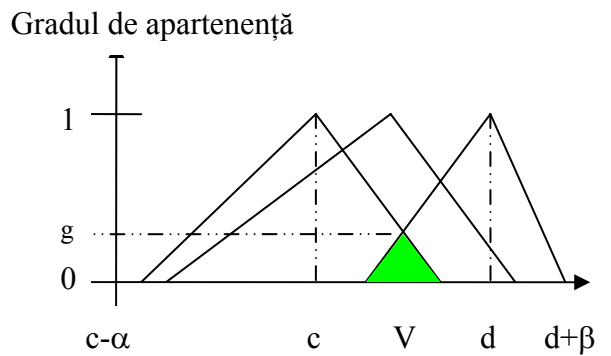


Figura 4. Valoare estimativă cu un grad de apartenență mic

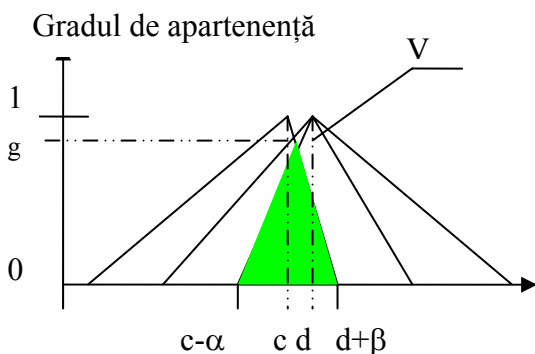


Figura 5. Valoare cu un grad de apartenență mare

Însă, valorile calculate de asemenea sunt numere fuzzy. După cum observăm din fig.4. și 5 valoarea finală (în urma reconcilierii) se capătă prin *intersectarea* a trei submulțimi fuzzy, care o vom defini astfel:

$$\mu_{V_{\text{cost}} \cap V_{\text{venit}}}(VE) = \min \{ \mu_{V_{\text{cost}}}(VE), \mu_{V_{\text{venit}}}(VE) \} = \mu_{V_{\text{cost}}}(VE) \wedge \mu_{V_{\text{venit}}}(VE), \forall VE \in S \quad (4)$$

$$\mu_{V_{\text{cost}} \cap V_{\text{venit}} \cap V_{\text{compar}}}(VE) = \min \{ \mu_{V_{\text{cost}} \cap V_{\text{venit}}}(VE), \mu_{V_{\text{compar}}}(VE) \} = \mu_{V_{\text{cost}} \cap V_{\text{venit}}}(VE) \wedge \mu_{V_{\text{compar}}}(VE), \forall VE \in S \quad (5)$$

Cele menționate mai sus permit a formula următoarele concluzii:

- **Valoarea va fi determinată cu o precizie înaltă doar în cazul când intervalul valorilor căpătate prin 3 abordări va fi mai mic decât baza mulțimii fuzzy creată prin intersectarea acestora, adică $[V_{\text{max}} - V_{\text{min}}] < [d - c]$ (fig.6).**
- **La sporirea gradului de incertitudine și risc valoarea se va micșora (fig.7).**

Concluziile respective, căpătate prin intermediul postulatelor logicii fuzzy clasice, corespund axiomelor teoriei evaluării. Astfel, **considerăm posibilă aplicarea logicii fuzzy, în procesul cercetării aprofundate a valorii patrimoniului.**

Calculul nemijlocite pot fi efectuate prin intermediul procesului de inferență fuzzy.

După cum afirmă cercetătorii logicii fuzzy, cea mai importantă regulă de inferență în raționamentul aproximativ, este *Modus Ponens generalizat*. În logica clasică regula respectivă este:

Premisă: dacă p , atunci q (dacă imobilul este în centrul orașului str. Ștefan cel Mare, atunci valoarea este de 1000 Euro/m²)

Fapt: p (imobilul este în centru)

Consecință: q (valoarea este 1000 Euro/m²)

În logica fuzzy, regula de inferență corespunzătoare sugerată de Zadeh este următoarea:

Premisă: dacă x este A , atunci y este B (dacă imobilul se află în sectorul Centru, atunci valoarea este circa 1000 Euro/m²)

Fapt: x este A' (imobilul este în sectorul Centru - A')

Consecință: y este B' , unde $B' = A' \circ (A \rightarrow B)$ (valoarea este în jur de 1000 Euro/m² - B')

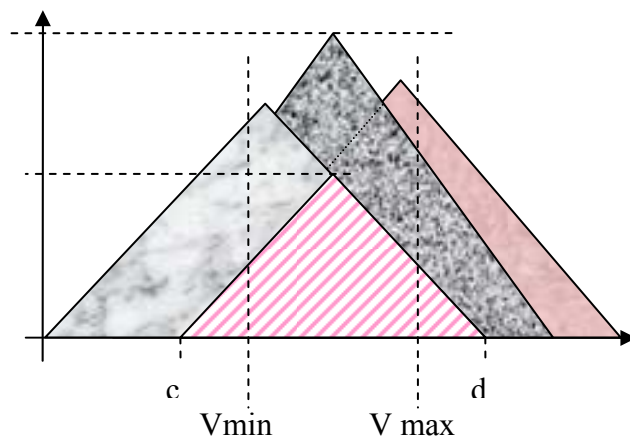


Figura 6. Aprecierea valorii finale

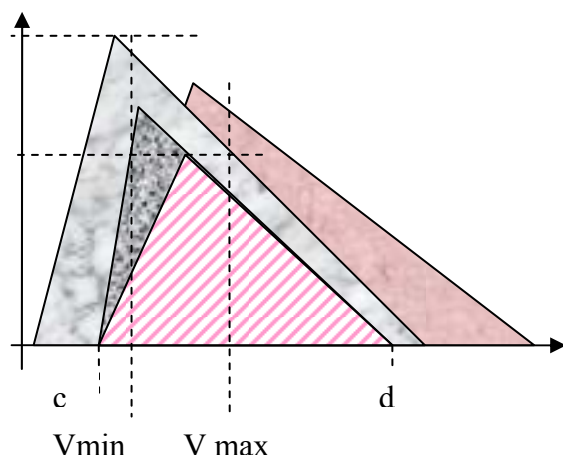


Figura 7. Sporirea gradului de incertitudine

Dacă $A' = A$ și $B' = B$, regula se reduce la Modus Ponens clasic – dacă imobilul se află pe str. Ștefan cel Mare (în centru), atunci valoarea este de exact 1000 Euro/m². Variabilele lingvistice respective (aproape, mai aproape, exact, mai departe, departe) pot fi considerate, în funcție de perceperea umană, până la nouă gradații.

Matricea $A \rightarrow B$ se notează prin M și se numește *memorie asociativă fuzzy*². Procesul de

² Gârlea Dan, Leon Florin. Teoria mulțimilor fuzzy: inteligență artificială. Curs. Universitatea tehnică „Gh.Asachi” Iași, Facultatea de automatică și calculatoare. <http://eureca.cs.tuiasi.ro>

inferență reprezintă o îmbinare a două mulțimi fuzzy. M reprezintă o matrice ce cuprinde posibilități condiționate ale elementelor A și B :

$$M = \prod_{B|A} = \begin{vmatrix} a_1 \rightarrow b_1, a_1 \rightarrow b_2, a_1 \rightarrow b_3, \dots \\ a_2 \rightarrow b_1, a_2 \rightarrow b_2, \dots \\ a_3 \rightarrow b_1, \dots \end{vmatrix} \quad (6)$$

Valoarea proprietății, însă, este influențată nu numai de factori independenți, ci și de factori interdependenți. Adică concluzia trebuie extrasă din premise multiple, cum ar fi „dacă A și B atunci C”. În acest scop servește inferența cu premise multiple - se apreciază separat matricele M_{AC} și M_{BC} după care ele se combină.

După ce este determinată mulțimea fuzzy, este necesar să determinăm o singură valoare strictă - valoarea estimată pe baza acestei mulțimi. Procesul se numește *defuzzyficare*. Cu toate că există mai multe metode și tehnici de defuzzyficare noi am aplicat-o pe cea recomandată și de teoria evaluării - *metoda centrului de greutate*, care reprezintă media ponderată a mărimilor V_i , ponderea fiind reprezentată de gradul de apartenență $\mu_A(V_i)$:

$$V = \frac{\sum_i V_i \cdot \mu_A(V_i)}{\sum_i \mu_A(V_i)} \quad (7)$$

Generalizând cele expuse vom formula următoarele concluzii:

- valoarea de piață (precum și alte tipuri de valori) este o mărime vagă și poate fi considerată o mărime fuzzy;
- intervalul valorii estimate reprezintă un număr fuzzy trapezoidal;
- valoarea finală (căpătată prin reconciliere) reprezintă un număr fuzzy triunghiular;
- valoarea va fi determinată cu o precizie înaltă doar în cazul când intervalul valorilor căpătate prin 3 abordări va fi mai mic decât baza mulțimii fuzzy creată prin intersectarea acestora;
- valoarea finală se va calcula prin tehnici de defuzzyficare;
- luarea deciziilor ce vizează operațiunile de gestiune a valorii bunurilor poate fi efectuată cu ajutorul programelor computerizate bazate pe logica fuzzy.

3. APLICAREA LOGICII FUZZY ÎN PROCESUL DECIZIONAL

Procesul de luare a deciziei elaborat în cadrul sistemului propus are tangență cu modelul propus de Bazerman. Sistemul poate lua în considerație majoritatea factorilor ce influențează valoarea patrimoniului atât obiectivi cât și subiectivi, cantitativi și calitativi, în expresie valorică sau nonvalorică. Multitudinea și varietatea respectivă a factorilor poate fi considerată doar prin aplicarea noilor tehnologii informaționale. Actualele performanțe permit a suprapune masive informaționale considerabile în conformitate cu corelația necesară.

Sistemul propus cuprinde următoarele etape ale procesului decizional (fig. 10):

- 1) definirea problemei;
- 2) identificarea obiectivelor (a scopurilor secundare, care permit atingerea scopului final);
- 3) identificarea criteriilor în corespundere cu fiecare obiectiv;
- 4) crearea alternativelor pentru fiecare criteriu examinat;
- 5) aprecierea preferințelor decidentului privind criteriile (cotarea fiecărei alternative după fiecare criteriu);
- 6) măsurare criterii;
- 7) agregarea criteriilor și căpătarea soluțiilor pentru fiecare obiectiv;
- 8) agregarea obiectivelor și căpătarea soluției pentru problema definită.

Suplimentar în SSD elaborat este inclus modulul de determinare a soluției optime posibile, chiar dacă o așa soluție nu corespunde realității la momentul de timp dat.

Sistemul permite soluționarea atât a problemelor statice (fără implicarea factorului timp), cât și a problemelor dinamice.

Un element cheie în SSD-ul propus este includerea metodelor fuzzy la etapa a 5-a pentru a considera preferințele decidentului în cadrul modelului de calcul.

Blocul de metode aplicate în procesul de agregare cuprinde: aprecierea valorii maxime, minime, a mediei ponderate, distanța de la punctul ideal, axioma Kolmogorov. La etapa de agregare a obiectivelor au fost adăugate metodele de nondominare și eficiența coaliției.

Soluția poate fi căpătată în diverse forme:

- raport textual cu includerea informației dorite
- prezentarea celei mai bune soluții
- matricea de decizie

- compararea criteriilor în funcție de metoda de agregare
- distanța de la punctul ideal.

În calitate de instrumente utile sunt propuse:

1. construcția formulei (corelației) în baza datelor inițiale existente
2. selectarea factorilor critici în baza optimizării pareto.

În continuare propunem soluționarea unei probleme manageriale cu ajutorul programului Optim Class. Programul interactiv pentru primirea deciziilor multicriteriale și optimizare evolutivă a fost elaborat sub conducerea dr. hab. Vladimir Todiraș.

Bibliografie:

1. **Albu I., Albu S., Țurcanu N.** *Analiza factorială a valorii de piață a imobilului rezidențial. Monografie. Ch.:UTM, 2007.*
2. **Brândaș C.,** *Sisteme suport de decizie pentru managementul performant: Concepere, proiectare și implementare. Timișoara: Brumar, 2007.*
3. **Gârlea D., Leon Fl.** *Teoria mulțimilor fuzzy: inteligență artificială. Curs. Universitatea tehnică „Gh.Asachi” Iași, Facultatea de automatică și calculatoare. <http://eureca.cs.tuiasi.ro>*
4. **Mallach, E.G.** *Decision Support and Data Warehouse Systems, Trwin McGraw-Hill, Boston, 2000.*
5. **Rațiu – Suciu C.,** *Modelarea și simularea proceselor economice. Teorie și practică, Ediția a treia, Editura Economică, București, 2003*
6. **Rațiu – Suciu C.** *Modelarea și simularea proceselor economice. Editura didactică și pedagogică, R.A. București, 1995.*