



Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu

ULBS

*Contribuții privind utilizarea sistemelor expert în managementul
planificării și gestiunii stocurilor de produse finite*

Claudiu-Leonardo Stoia

FACULTATEA DE INGINERIE

Claudiu-Leonardo STOIA

TEZĂ DE DOCTORAT

***CONTRIBUȚII PRIVIND UTILIZAREA SISTEMELOR
EXPERT ÎN MANAGEMENTUL PLANIFICĂRII ȘI
GESTIUNII STOCURILOR DE PRODUSE FINITE***

Conducător științific:

Prof. univ. dr. ing. Moise Ioan ACHIM

SIBIU

2015



Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu

ULBS

*Contribuții privind utilizarea sistemelor expert în managementul
planificării și gestiunii stocurilor de produse finite*

Claudiu-Leonardo Stoia

CUVÂNT DE MULȚUMIRE

În primul rând, recunoștința mea se îndreaptă către conducătorul științific dl. prof.univ.dr.ing. **Moise Ioan ACHIM**, care mi-a oferit șansa, sprijinul, îndrumarea și mai ales încrederea în realizarea prezentei teze. Privirea de ansamblu clară și experiența dumnealui m-au ajutat să nu rătăcesc direcția și să finalizez cercetarea propusă cu eficiență și pragmatism.

Pe partea științifică de mare ajutor mi-au fost indicațiile și evaluările comisiei de îndrumare: prof.univ.dr.ing. DHC **Constantin Oprean**, prof.univ.dr.ing. **Claudiu Kifor** și prof.univ.dr.ing. **Lucian Cioca**.

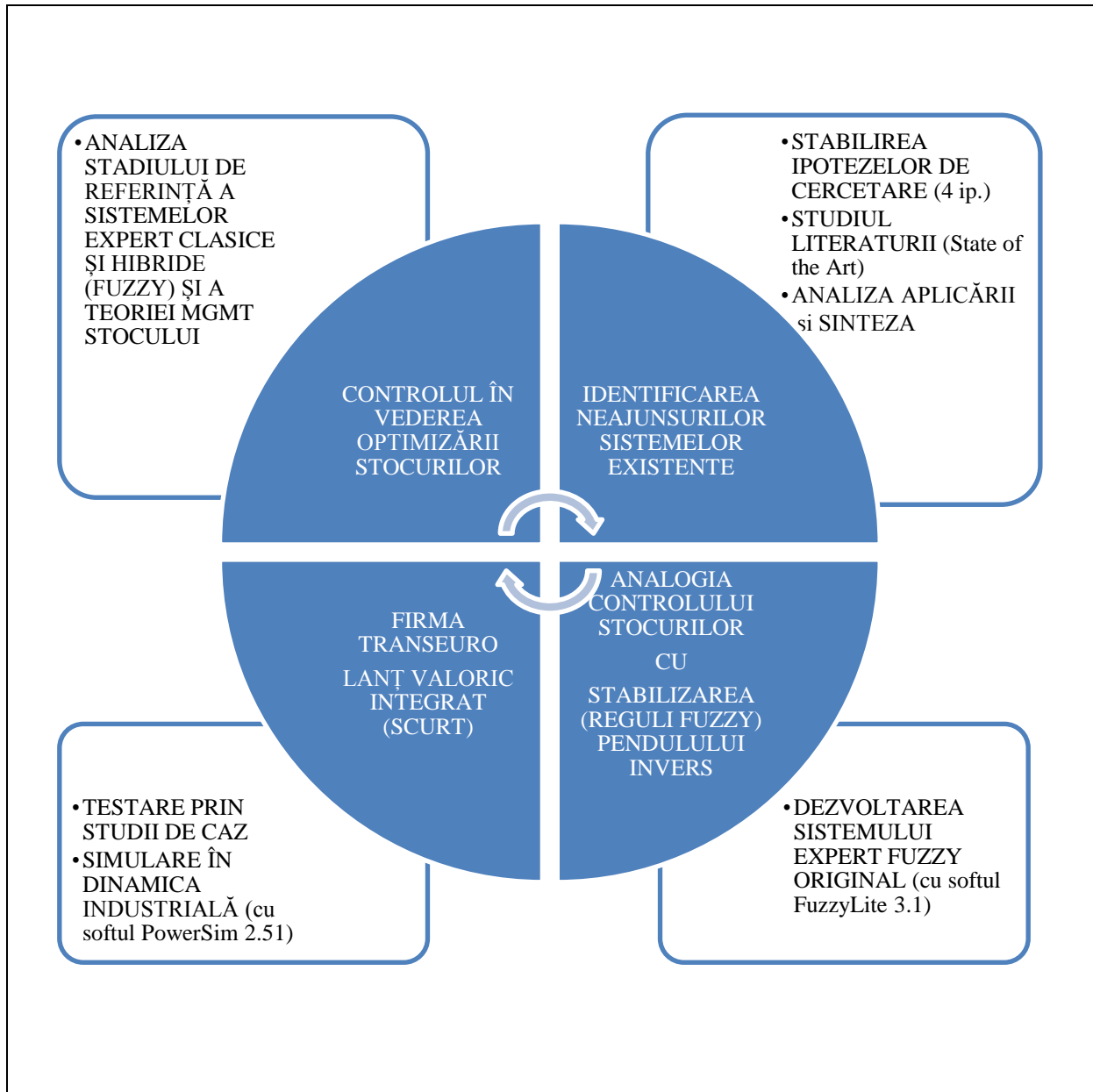
Soției mele **Cristina Stoia**, care - zi de zi – mi-a fost alături în eforturile materiale și intelectuale din acești trei ani, îi sunt profund recunoscător.

De asemenea, mamei, fraților, cumnaților, socrilor mei și doamnei Florica Achim le sunt îndatorat pentru sprijinul moral și înțelegerea acordate.



STRUCTURA SINTETICĂ A TEZEI:

Moto: „Pentru ca cineva să poată fi creativ trebuie să obțină controlul mediului. Nu poate nici măcar începe să reflecteze la organizarea unei excelente fotografii fără a avea abilitățile necesare. În inginerie, la fel ca în celelalte arte creative, trebuie să învățăm să facem analiză pentru a ne putea susține eforturile în sinteză.”¹ (Gerald J. Sussman, Cambridge)



¹ Foreword by Gerald J. Sussman (n.d.), URL: <http://www.ccs.neu.edu/home/matthias/BTLS/foreword.html>
[Accesat la data de 20 octombrie 2015]

CUPRINS

| | |
|--|-----|
| PARTEA I: Stadiul de referință al domeniului sistemelor expert fuzzy pentru gestiunea stocurilor de produse finite | 6 |
| 1.1: Stadiul de referință al sistemelor expert..... | 6 |
| 1.2 Stadiul de referință al sistemelor expert fuzzy | 16 |
| 1.3 Stadiul de referință al teoriei managementului (controlului) stocurilor..... | 23 |
| PARTEA A II-A: Metodologia (designul) cercetării..... | 38 |
| 2.1 Ipotezele cercetării..... | 38 |
| 2.2 Obiectivele cercetării | 47 |
| 2.3 Metodele folosite | 50 |
| 2.3.1 Studiul (investigarea) literaturii de specialitate (State-of-the-Art)..... | 50 |
| 2.3.2 Analiza comparativă a cazurilor de aplicare a sistemelor expert fuzzy în managementul stocurilor | 53 |
| 2.3.3 Sinteza cazurilor de aplicare în vederea proiectării unui sistem îmbunătățit..... | 54 |
| 2.5 Dezvoltarea sistemului original de control (regularizare) al stocurilor..... | 55 |
| 2.5.1 Modelul teoretic (conceptual) propus | 55 |
| 2.5.2 Modelarea sistemului cu Fuzzylite 3.1 în abordarea controlului difuz/fuzzy | 68 |
| 2.5.3 Simularea în abordarea dinamicii industriale cu PowerSim 2.51..... | 75 |
| PARTEA A III-A Testarea modelului prin studii de caz la S.C. Transeuro | 82 |
| 3.1 Prezentarea firmei Transeuro | 82 |
| 3.2 Analiza politicii de gestiune a stocurilor la firma Transeuro | 85 |
| 3.3 Descrierea raționamentului expertului uman..... | 86 |
| 3.4 Studiul de caz al produsului „virșli maț de oaie” | 90 |
| 3.4.1 Evaluarea produsului „virșli maț de oaie” | 90 |
| 3.4.2 Implementarea sistemului fuzzy de regularizarea stocului de „virșli maț de oaie” | 95 |
| 3.4.3 Simularea sistemului fuzzy pentru produsul „vișli maț de oaie” | 103 |
| 3.4.4 Demonstrarea eficienței economice a implementării sistemului expert fuzzy | 106 |
| 3.5 Studiul de caz al produsului „mici” în magazinul Transeuro | 107 |
| 3.5.1 Evaluarea performanței produsului „mici” | 107 |
| 3.5.2 Implementarea sistemului fuzzy pentru regularizarea stocului produsului „mici” | 109 |
| 3.5.3 Simularea sistemului dinamic pentru produsul „mici” | 113 |
| 3.5.4 Demonstrarea randamentului economic al implementării sistemului expert fuzzy | 115 |
| 3.6 Studiul de caz al produsului „salam italian” în magazinul Transeuro..... | 116 |



ULBS

Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu

*Contribuții privind utilizarea sistemelor expert în managementul
planificării și gestiunii stocurilor de produse finite*

Claudiu-Leonardo Stoia

| | |
|---|-----|
| 3.6.1 Evaluarea performanței produsului „salam italian” | 116 |
| 3.6.2 Implementarea sistemului fuzzy pentru regularizarea stocului de „salam italian” | 118 |
| 3.6.3 Simularea sistemului pentru produsul „salam italian” | 121 |
| 3.6.4 Demonstrarea eficienței economice a implementării sistemului expert fuzzy | 124 |
| 3.7 Studiul de caz al produsului „cârnaț polonez” în magazinul de prezentare Transeuro | 126 |
| 3.7.1 Evaluarea produsului fabricat de SC Transeuro „cârnaț polonez” | 126 |
| 3.7.2 Implementarea sistemului fuzzy pentru regularizarea stocului de „cârnaț polonez” | 128 |
| 3.7.3 Simularea sistemului pentru produsul „cârnaț polonez” | 133 |
| 3.7.4 Demonstrarea randamentului economic în urma implementării sistemului expert fuzzy | 135 |
| 3.8 Concluziile studiilor de caz | 137 |
| PARTEA A IV-A: CONCLUZII | 138 |
| 4.1 Concluziile generale | 138 |
| 4.1.1 Diseminarea rezultatelor | 144 |
| 4.2 Contribuții proprii | 145 |
| 4.3 Propuneri | 150 |
| Lista abrevierilor principale ale termenilor utilizați | 153 |
| Lista figurilor | 154 |
| Lista tabelor | 157 |
| Bibliografie | 159 |

PARTEA I: Stadiul de referință al domeniului sistemelor expert fuzzy pentru gestiunea stocurilor de produse finite

Am abordat *stadiul de referință din perspectiva sumei „cunoștințelor generale, canonice și specifice”* pe care le avem în vedere la realizarea unei creații, o atenție deosebită trebuind acordată *cunoștințelor canonice* care „*provin dintr-o anumită școală*” și care trebuie semnalate explicit cititorilor.²

1.1 Stadiul de referință al sistemelor expert

Această relație cauză - efect dintre munca inteligentă și productivitate este premisa majoră ce stă la baza demersului din prezenta lucrare.

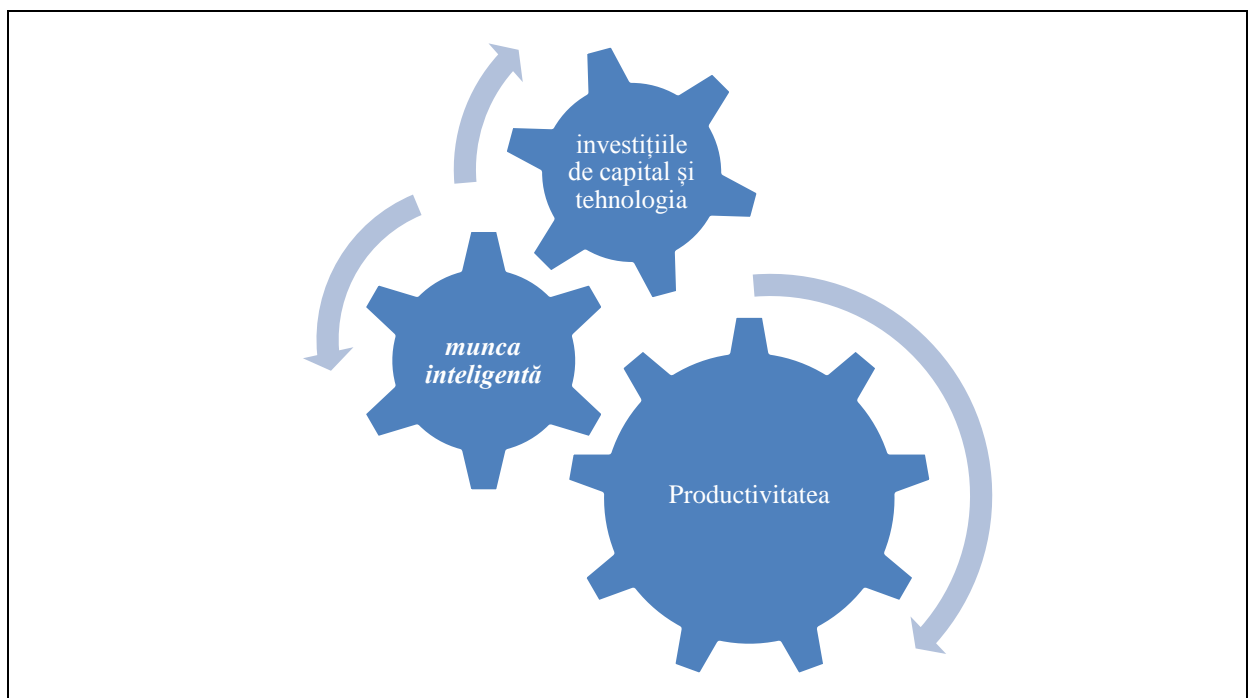


Figura 1 Munca inteligentă ca verigă esențială din angrenajul creșterii productivității

Pentru a răspunde la întrebarea *Cum facem munca mai inteligentă?* putem diferenția două aspecte:

- *Automatizarea* prin utilizarea roboților industriali, și
- *Optimizarea* atât a aspectelor cantitative cât și calitative ale deciziilor manageriale prin folosirea capabilităților de raționament cu simboluri ale calculatorului. O modalitate

² Isoc, D. (2012), *Ghid de acțiune contra plagiatului: buna-conduită, prevenire, combatere*, p. 208

poate fi captarea și folosirea cunoștințelor experților domeniului pentru ca această expertiză să fie disponibilă oriunde și oricând este nevoie în cadrul firmei.

Potrivit lui Lieberman B.A. (2012), **lanțul de aprovizionare/furnizare de tip Just-in-time** este o exemplificare a unui proces de afaceri **condus de reguli**³.

Prin urmare, putem afirma că soluția propusă în prezenta lucrare este:

- în general - un sistem inteligent de luarea deciziilor, iar
- în particular - un sistem expert fuzzy de control/regularizare/optimizare a stocurilor de produse finite.

Deoarece, un sistem inteligent de decizie include ca prim modul regulile de business, ajungem cu raționamentul la sistemele bazate pe reguli.

Reprezentarea cunoștințelor sub formă de reguli de tip DACA-ATUNCI este specifică *sistemelor expert/ Inteligență Artificială*.

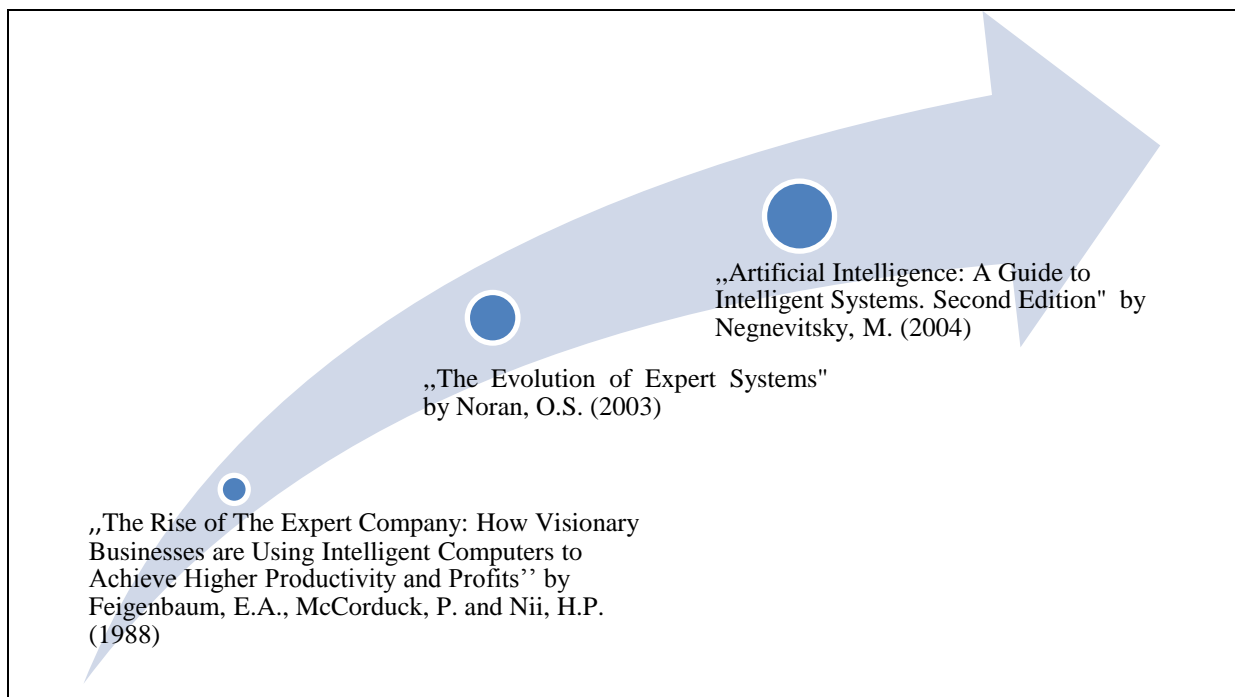


Figura 2 Lucrări de bază folosite pentru stadiul de referință al S.E.

Cele două componente primare ale unui S.E. sunt:

- *baza de cunoștințe*, și

³ Lieberman, B.A. (2012), Requirements for rule engines: Capture and communication of complex business rules, IBM developerWorks®, URL: <http://www.ibm.com/developerworks/library/os-rulesengines/os-rulesengines-pdf.pdf> [Accesat la data de 10 februarie 2014], p. 2

- *motorul de inferență*, care poate opera:
 - a) *înainte* - pornind de la condiții la concluzie,
 - b) *înapoi* - fiind cunoscută concluzia, parcurge invers calea până la condiții.

Principalul beneficiu a unui S.E. este valorificarea cunoașterii locale (mētis) a firmei. Astfel, din acest punct de vedere, un S.E. diferă de un program informatic convențional.

În lucrarea de față, abordăm un sistem expert la scară mică, prin urmare dezvoltarea sa implică o cantitate de muncă de ordinul luni-persoană.

1.2 Stadiul de referință al sistemelor expert fuzzy

Pentru depășirea efectului de *knowledge-bottleneck*, trebuie să pășim în lumea S.E. hibride. Dacă adăugăm și aspectul lucrului cu probleme imprecis definite, atunci putem alege un sistem expert fuzzy ca soluție.

Astfel: S.E.F.=S.E.+ LOGICA FUZZY

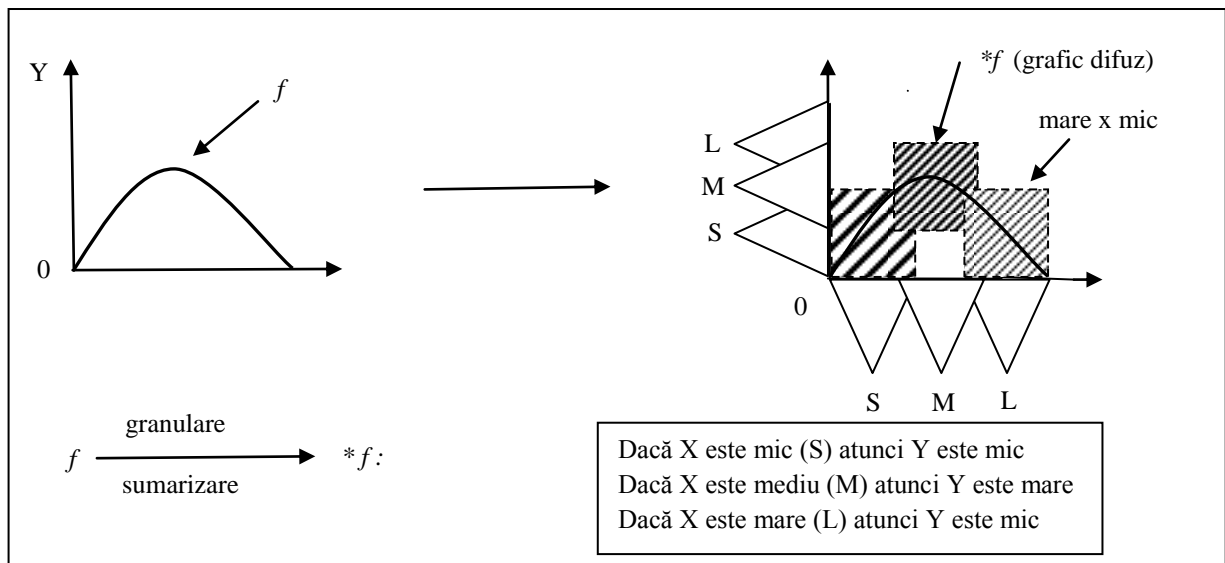
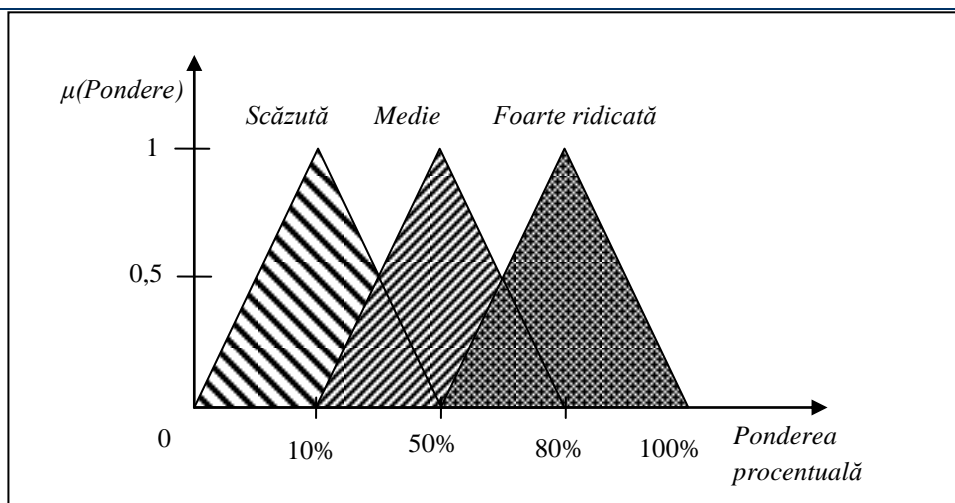


Figure 3 Granularea unei funcții f
după Zadeh, L.A. (2008), „Is there a need for fuzzy logic?”,
Information Sciences 178, 2008, pp. 2751-2779, p. 2756

În cazul sistemelor expert fuzzy există posibilitatea reprezentării facile a bazei de cunoștințe sub formă tabelară, adică o formă de hibridizare.

Variabilele lingvistice pot fi modelate ca numere fuzzy triunghiulare:

**Figura 4 Modelarea unui set difuz**

1.3 Stadiul de referință al teoriei managementului (controlului) stocurilor

În anii '80, Michael Porter a introdus conceptul de lanț valoric. De atunci, procesele inerente unui lanț valoric au fost văzute ca un ghid de suport al deciziilor de business.

Din 1996, modelul SCOR este unul de referință, care oferă accesul la bunele practici și la benchmarking, deși „nu furnizează metode de optimizare”⁴.

Tabel 1 Elementele principale ale stadiului de referință în managementul stocului

| Cărți și manuale | Cunoștințele canonice folosite în prezenta teză |
|---|--|
| Bălan, C. (2006), <i>Logistica</i> . | Definirea stocurilor, tipuri, analiza rolului stocurilor, decizii fundamentale în controlul stocului |
| Jacobs, F.R. and Chase, R. (2013), <i>Inventory Management, Chapter 11 from Operations and Supply Chain Management: The Core, Third ed.</i> | Modele de management/control stocuri |
| Chitale, A.K. and Gupta, R.C. (2011), <i>Materials Management: Text and Cases. Second Edition</i> . | Formulele: <ul style="list-style-type: none">• ratei de rotație a stocurilor, și• ratei acceptabile de rotație a stocurilor |
| Jensen P.A. & Bard J.F. (2003), <i>Operations Research Models and Methods (Website)</i> . | Ecuatiile: <ul style="list-style-type: none">• suprastocului și penuriei, în cazul cererii distribuită uniform/rectangular, și• profitului estimat, conform modelului stocului probabilistic cu ciclul unic de aprovizionare. |

⁴ Sürrie, C. and Wagner, M. (2008), „Supply chain analysis”, p. 41



PARTEA A II-A: Metodologia (designul) cercetării

2.1 Ipotezele cercetării

- *Ipoteza 1: Dacă performanța expertului uman poate fi captată sub forma cunoștințelor (sub formă de reguli) atunci alegerea unui sistem expert (din gama sistemelor inteligente) pentru luarea deciziilor este oportună.*
- *Ipoteza 2: Dacă aspectele realității sunt descrise de expert folosind limbajul său obișnuit (și nu limbajul formal/ matematic) atunci logica difuză (și nu cea booleană) este cea potrivită.*
- *Ipoteza 3: Dacă sarcina specifică domeniului managementului stocurilor este controlul (mai precis- regularizarea stocurilor) atunci alegerea unui sistem expert fuzzy este oportună (datorită capacității de prelucrare numerică ce completează prelucrarea simbolică proprie unui S.E. clasic).*
- *Ipoteza nr. 4: Dacă modelul S.E.F-sistem expert fuzzy este construit pe baza modelului probabilistic al stocurilor cu o singură comandă, atunci utilizarea strategiei prețurilor de vânzare dinamice este posibilă.*

2.2 Obiectivele cercetării

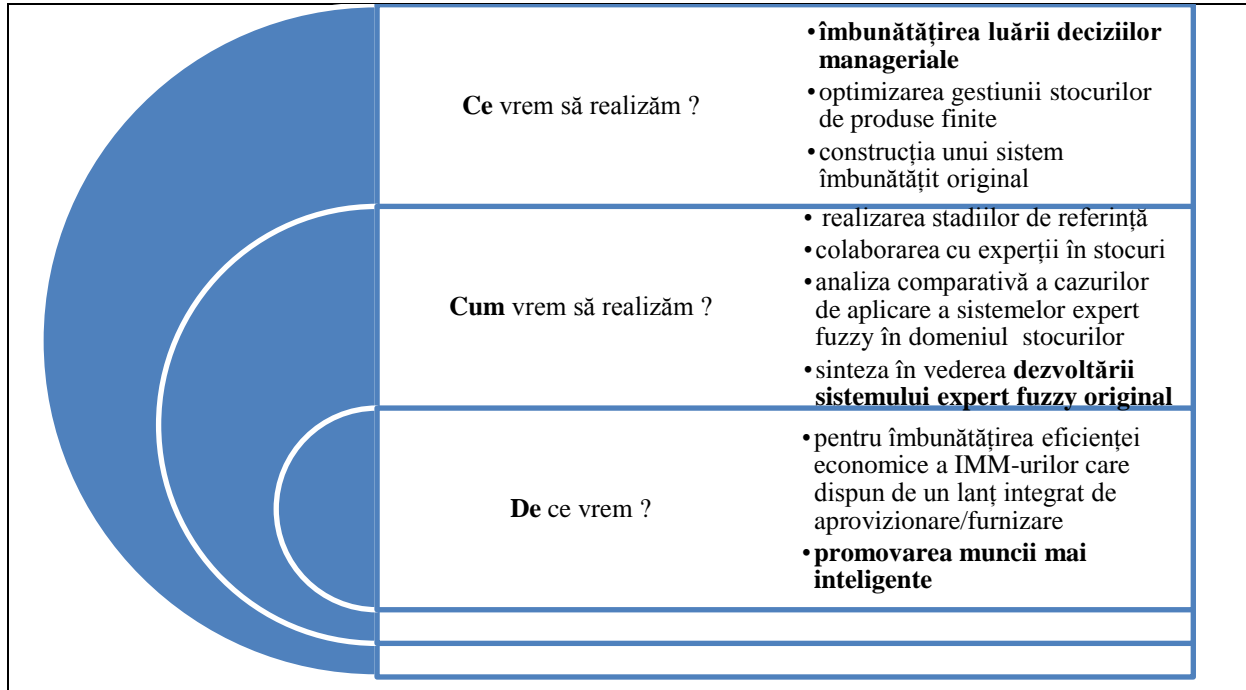


Figura 5 Obiectivele propuse în prezenta teză

2.3 Metodele folosite

2.3.1 Studiul (investigarea) literaturii de specialitate (State-of-the-Art)

Având drept ghid cele patru de ipoteze de cercetare dezvoltate, am investigat literatura de specialitate în vederea clarificării și îndeplinirii obiectivelor propuse.

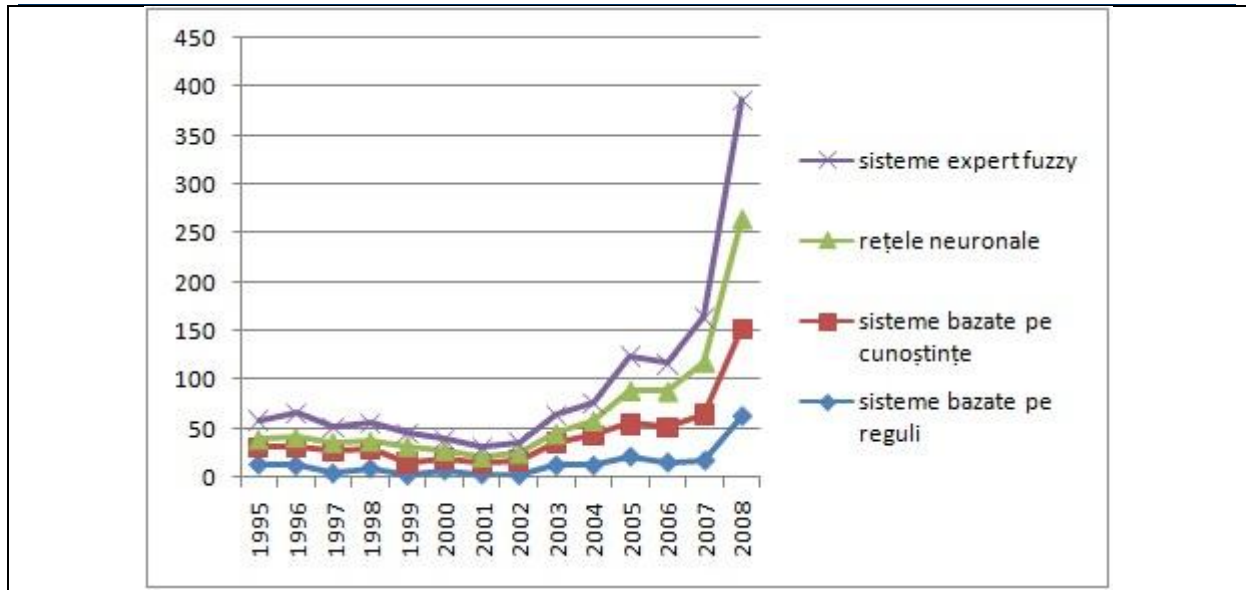


Figura 6 Trendurile sistemelor expert hibride, extras din
Shiau, W.L. (2011), „ A profile of information systems research published in expert systems with
applications from 1995 to 2008”, *Expert Systems with Applications* 38 (2011), p. 4002

2.3.2 Analiza comparativă a cazurilor de aplicare a sistemelor expert fuzzy în managementul stocurilor

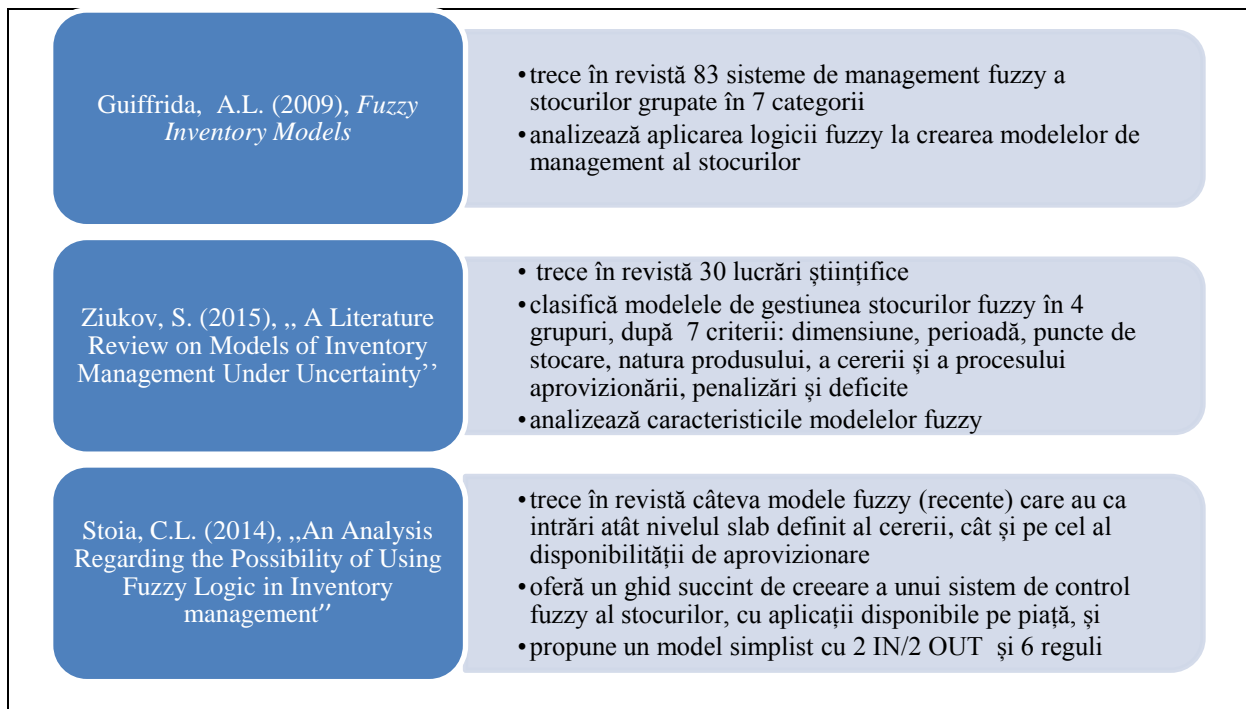


Figura 7 Sinteza contribuțiilor folosite în analiza aplicării S.E.F în mgmt stocului



2.3.3 Sinteza cazurilor de aplicare în vederea proiectării unui sistem îmbunătățit

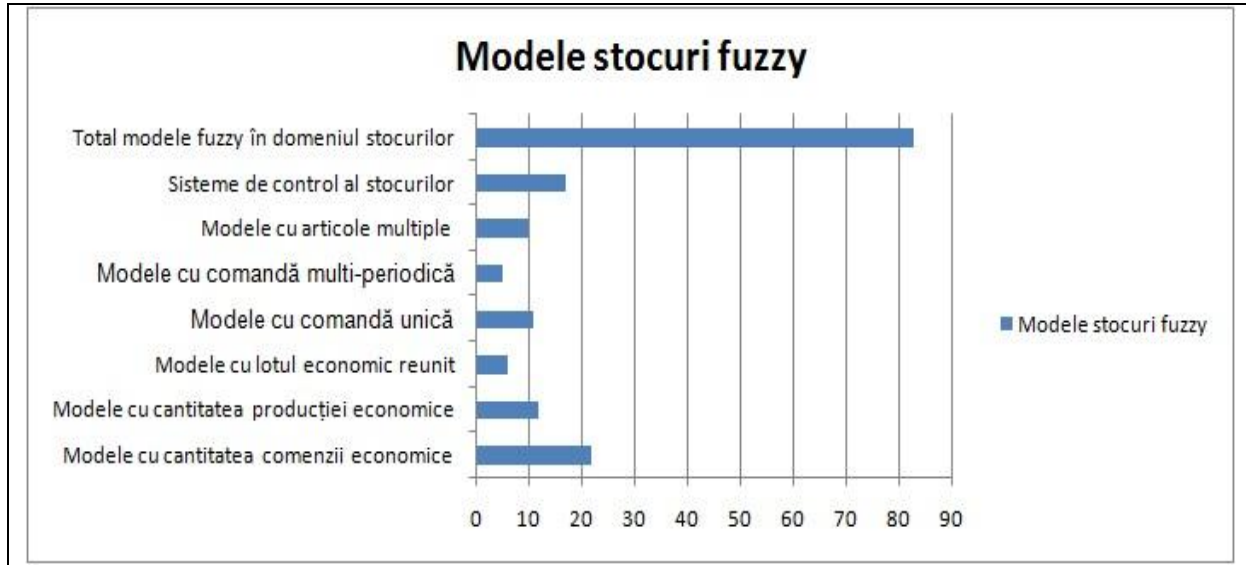


Figura 8 Modele fuzzy a stocurilor, sinteză proprie după informațiile din Guiffrida, A.L. (2009), „Fuzzy Inventory Models”, în: Jaber, M.Y. (ed.), *Inventory Management: Non-Classical Views [Chapter 8]*, CRC Press, FL, Boca Raton, 2010, pp. 173-190, URL: http://www.researchgate.net/publication/259751254_Fuzzy_Inventory_Models [Accesat la data de 11 octombrie 2015], pp. 182-192

A se vedea, de asemenea, o sinteză în lucrarea autorilor Stoia, C.L. and Achim, I.M. (2015): „A Synthesis Regarding the Application of Expert Systems in Inventory management.”⁵

⁵ Stoia, C.L. and Achim, I.M. (2015), „A Synthesis Regarding the Application of Expert Systems in Inventory management”, 2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 17-19 March 2015, Seville, pp. 2382 – 2387, DOI: 10.1109/ICIT.2015.7125449, IEEE

2.5 Dezvoltarea sistemului original de control (regularizare) al stocurilor

2.5.1 Modelul teoretic (conceptual) propus

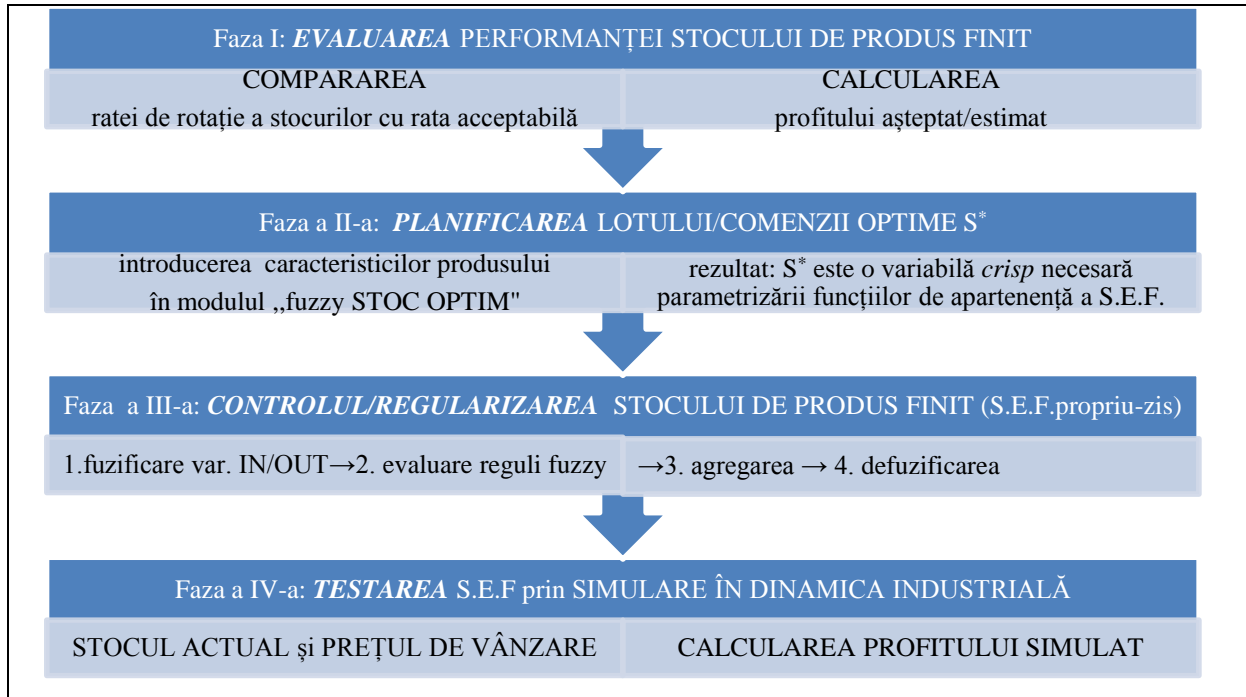


Figura 9 Schema conceptuală a modelului propus

2.5.2 Modelarea sistemului cu Fuzzylite 3.1 în abordarea controlului difuz/fuzzy

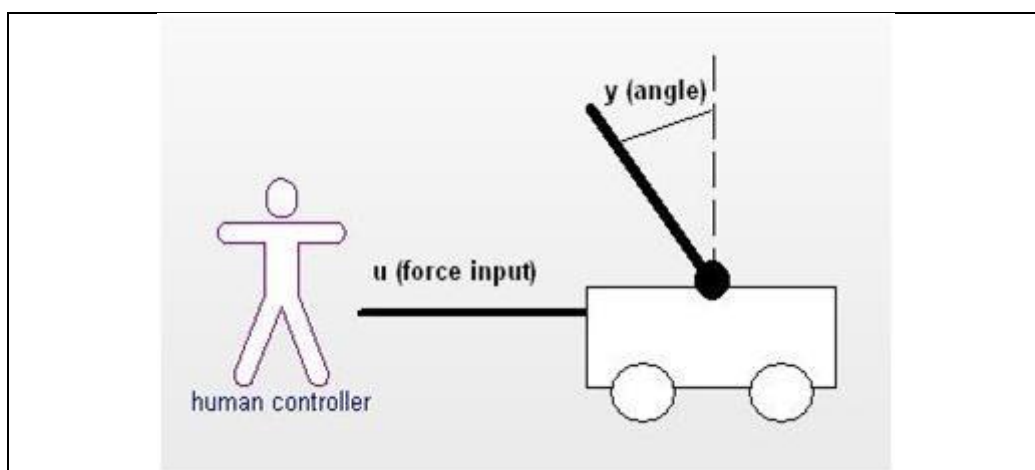
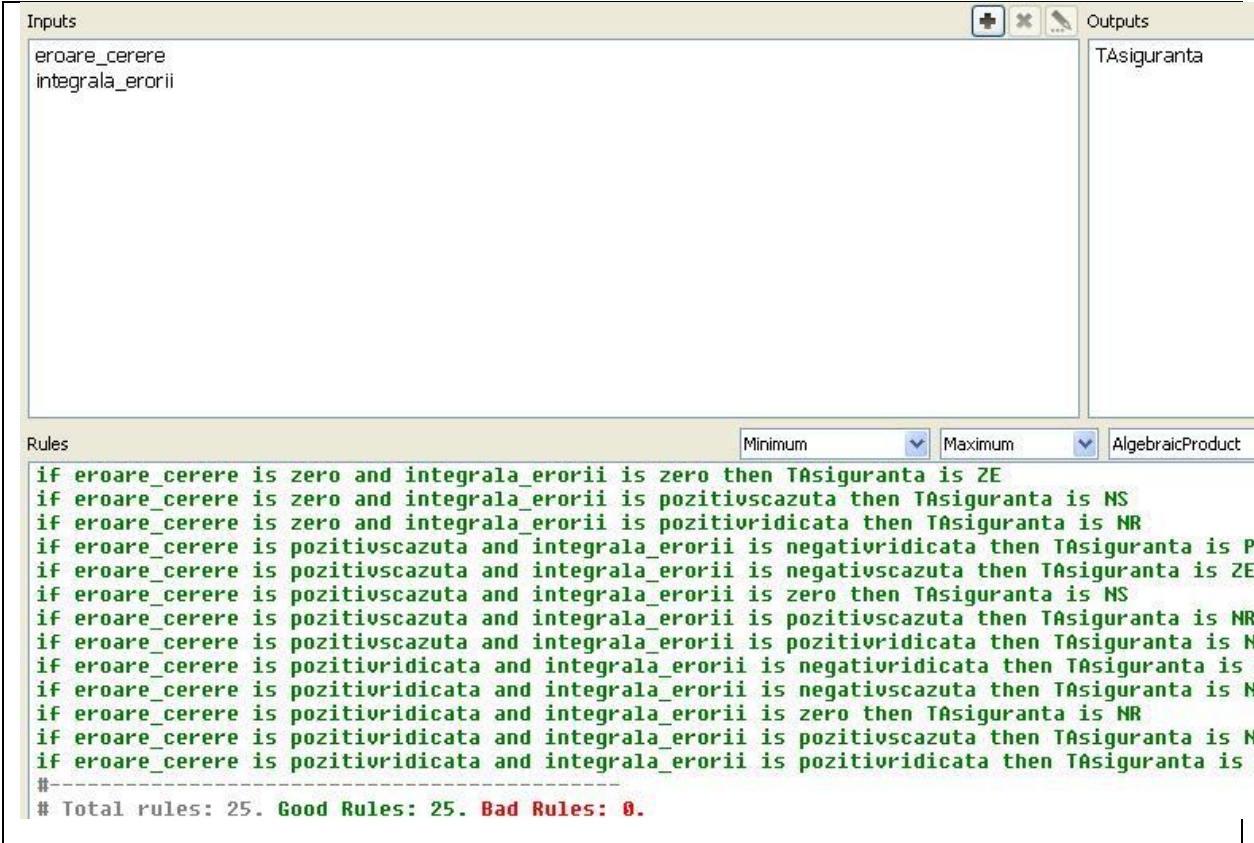


Figura 10 Stabilizarea unui pendul așezat invers

Tabel 2 Prezentarea analogiei ce stă la baza ideii S.E.F. propus

| Variabilele sistemului de control fuzzy | Modelul stabilizării pendulului invers după Passino și Yurkovich (1997) | Modelul de control al stocurilor ANALOGIA |
|---|---|---|
| Intrare: $e(t)$ | Eroarea de unghi, dintre verticală și poziția pendulului | Eroarea dintre cererea prognozată și cererea reală |
| Intrare: $\frac{d}{dt}e(t)$ | Rata variației în raport cu timpul a erorii de unghi | NEDEZVOLTATĂ |
| Intrare: $\int e(t)dt$ | NEDEZVOLTATĂ | Eroarea dintre cantitatea produsă conform prognozei (STOCUL DORIT) și vânzările actuale |
| Ieșirea: $u(t)$ | Forța aplicată | Manipularea prețului de vânzare |



Inputs

eroare_cerere
integrala_erorii

Outputs

TAsiguranta

Rules

Minimum Maximum AlgebraicProduct

```

if eroare_cerere is zero and integrala_erorii is zero then TAsiguranta is ZE
if eroare_cerere is zero and integrala_erorii is pozitivridicata then TAsiguranta is NS
if eroare_cerere is zero and integrala_erorii is pozitivridicata then TAsiguranta is NR
if eroare_cerere is pozitivscazuta and integrala_erorii is negativridicata then TAsiguranta is P
if eroare_cerere is pozitivscazuta and integrala_erorii is negativscazuta then TAsiguranta is ZE
if eroare_cerere is pozitivscazuta and integrala_erorii is zero then TAsiguranta is NS
if eroare_cerere is pozitivscazuta and integrala_erorii is pozitivscazuta then TAsiguranta is NR
if eroare_cerere is pozitivscazuta and integrala_erorii is pozitivridicata then TAsiguranta is N
if eroare_cerere is pozitivridicata and integrala_erorii is negativridicata then TAsiguranta is
if eroare_cerere is pozitivridicata and integrala_erorii is negativscazuta then TAsiguranta is N
if eroare_cerere is pozitivridicata and integrala_erorii is zero then TAsiguranta is NR
if eroare_cerere is pozitivridicata and integrala_erorii is pozitivscazuta then TAsiguranta is N
if eroare_cerere is pozitivridicata and integrala_erorii is pozitivridicata then TAsiguranta is
#-----
# Total rules: 25. Good Rules: 25. Bad Rules: 0.

```

Figura 11 Procesarea regulilor in FuzzyLite 3.1



Tabel 3 Intrările S.E.F. în limbaj-sistem FuzzyLite 3.1:

| | |
|--|--|
| FUZZIFY eroare_cerere RANGE := (-100.000 .. 100.000); TERM negativridicata := Ramp (-25.000, -100.000); TERM negativscazuta := Triangle (-50.000, -25.000, 0.000); TERM zero := Triangle (-10.000, 0.000, 10.000); TERM pozitivscazuta := Triangle (0.000, 25.000, 50.000); TERM pozitivridicata := Ramp (25.000, 100.000); END_FUZZIFY | FUZZIFY integrala_eroarii RANGE := (-200.000 .. 200.000); TERM negativridicata := Ramp (-50.000, -200.000); TERM negativscazuta := Triangle (-100.000, -50.000, 0.000); TERM zero := Triangle (-20.000, 0.000, 20.000); TERM pozitivscazuta := Triangle (0.000, 50.000, 100.000); TERM pozitivridicata := Ramp (50.000, 200.000); END_FUZZIFY |
|--|--|

Tabel 4 Iesirea S.E.F. în limbaj-sistem FuzzyLite 3.1:

| | |
|---|---|
| DEFUZZIFY TAsiguranta RANGE := (-15.000 .. 15.000); TERM NR := Ramp (-8.000, -15.000); TERM NS := Triangle (-12.000, -8.000, 0.000); TERM ZE := Triangle (-4.000, 0.000, 4.000); TERM PS := Triangle (0.000, 8.000, 12.000); TERM PR := Ramp (8.000, 15.000); | FUNCTION_BLOCK VAR_INPUT eroare_cerere: REAL; integrala_eroarii: REAL; END_VAR VAR_OUTPUT TAsiguranta: REAL; END_VAR |
|---|---|

Tabel 5 Fazele de agregare și de defuzificare

| | |
|---|--|
| RULEBLOCK AND : MIN; OR : MAX; ACT : PROD; | METHOD : COG; ACCU : ASUM; DEFAULT := -inf; END_DEFUZZIFY |
|---|--|

Defuzificarea s-a realizat prin metoda *C.G.* (eng. *Center of Gravity*), iar agregarea prin metoda însumării (cu operatorul *Algebraic Sum*).

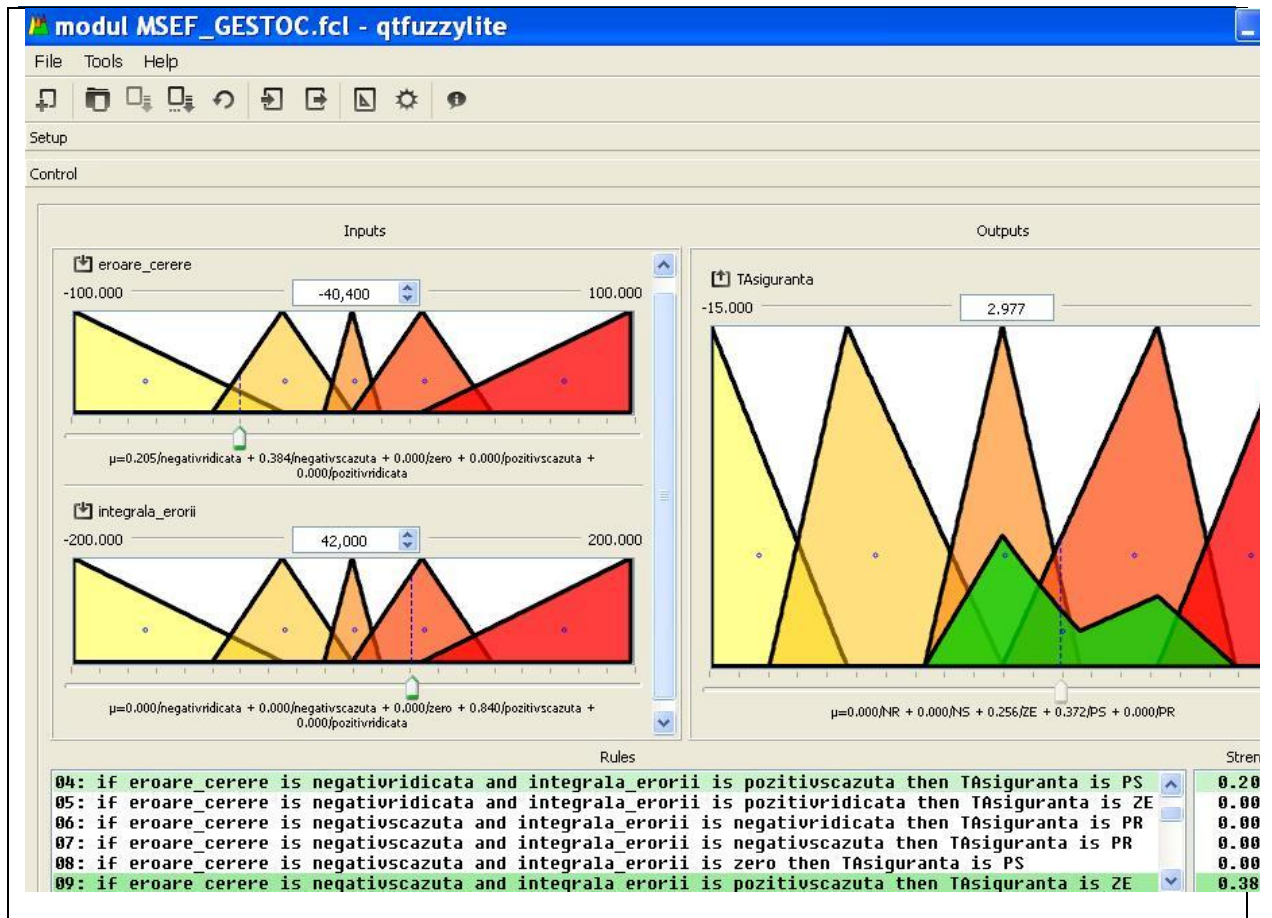


Figura 12 Faza de control a S.E.F.

2.5.3 Simularea în abordarea dinamicii industriale cu PowerSim 2.51

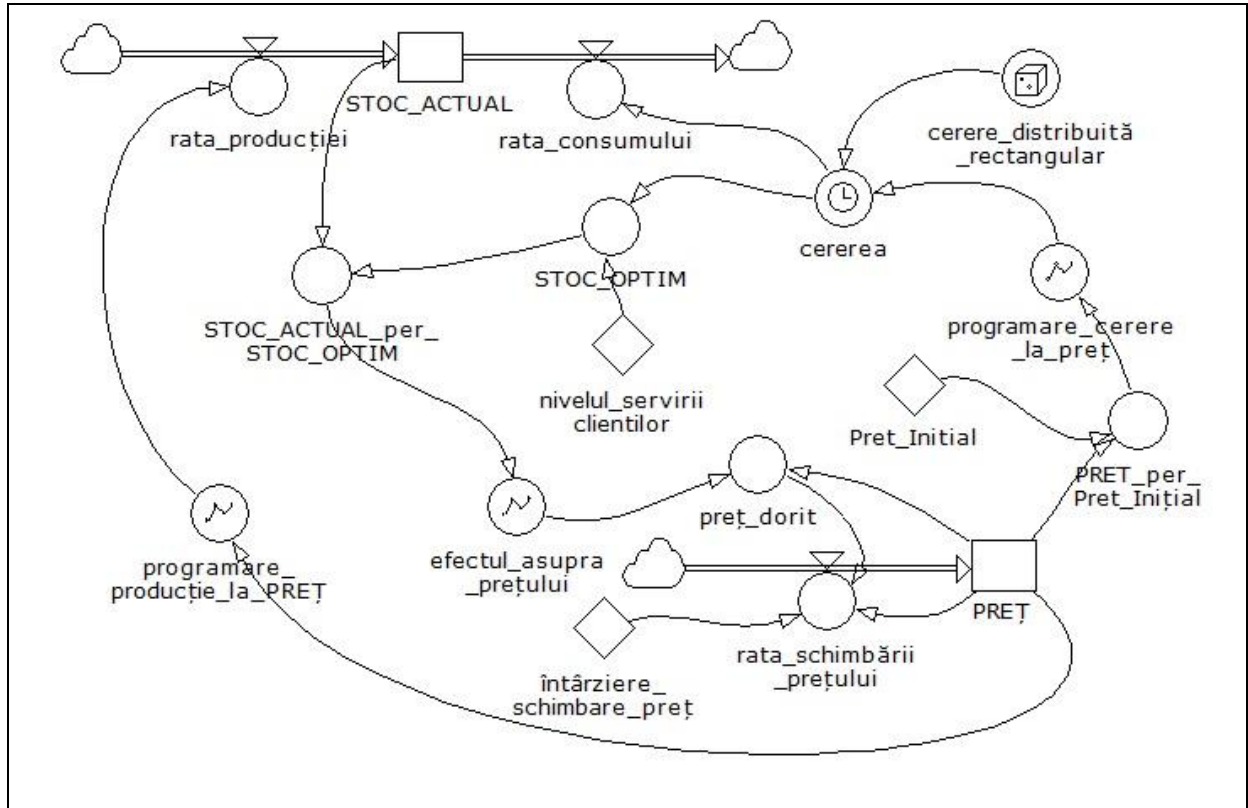


Figura 13 Modelul simulării în adaptare proprie cu softul PowerSim 2.51

Modelul de dinamică industrială, de mai sus, a fost **inspirat** de:

- modelul dinamic al cererii și ofertei⁶ dezvoltat în softul STELLA de Whelan, J. & Msefer, K. (1996), și
- modelul⁷ propus de Guided Study Program in System Dynamics (1999).

Adaptarea proprie a constat în:

- Modelarea variabilei *Programare producție la PREȚ* cu o funcție grafic pentru a avea un *fundament economic al variației prețului de vânzare* folosit ca instrument de *regularizare a stocului* (ieșirea sistemului fuzzy sau variabila manipulată);
- Modelarea variabilei *STOCUL_OPTIM* ca produsul dintre *cerere* și *nivelul servirii clienților* (98%);

⁶ Whelan, J. & Msefer, K. (1996), „*Economic Supply & Demand*”, D-4388, M.I.T., URL: <http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/readings/economics.pdf> [Accesat la data de 6 octombrie 2014], p. 20

⁷ Guided Study Program in System Dynamics (1999), D-5012-1, M.I.T, URL: <http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/assignments/soln28.pdf> [Accesat la data de 2 septembrie 2015], p. 4



ULBS

Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu

*Contribuții privind utilizarea sistemelor expert în managementul
planificării și gestiunii stocurilor de produse finite*

Claudiu-Leonardo Stoia

-
- Modelarea variabilei *cererea normală* din modelul⁸ inițial fiind *constantă* am înlocuit-o cu funcția *RANDOM()* pentru a corespunde unei *distribuții uniforme/rectangulare* cu limita minimă de 10k g per zi, iar limita maximă de 40 kg/zi.
 - Am construit modelul în PowerSim 2.51; modelele de inspirație fiind dezvoltate în STELLA, respectiv VENSIM.
 - Am înlocuit cu datele necesare sistemului fuzzy.

⁸ Ibidem, p. 4

PARTEA A III-A Testarea modelului prin studii de caz la S.C. Transeuro

3.1 Prezentarea firmei Transeuro

Firma TRANSEURO, cu sediul în comuna Ighiu, județul Alba activează pe piața produselor de panificație din 1991, respectiv - pe piața preparatelor din carne din anul 2002. Compania dispune de un lanț de aprovizionare/furnizare *integrat*, fapt ce o diferențiază pe piața județeană, unde concurează cu succes firme de nivel național cum este Elit Cugir.

3.2 Analiza politicii de gestiune a stocurilor la firma Transeuro

Politica de produs a firmei dispune de următoarele caracteristici:

- Există aproximativ 100 preparate din carne, care sunt comercializate atât prin rețeaua proprie de distribuție către terți, cât și prin cele 12 magazine proprii de prezentare. Ponderea desfacerii prin acestea din urmă este de $\approx 32\%$ din producția de preparate din carne.
- Analiza calitativă a controlului stocurilor de produse finite, din perspectiva FSN:
 - Primele 10 sortimente de preparate din carne au un rulaj lunar de peste 1000 kg, deci intră în categoria F;
 - Ultimele 20 de sortimente se vând cu cantități de sub 100 kg per lună, deci acestea sunt de tip N;
 - Categoria produselor lente S cuprinde celelalte 70 de sortimente, între 100 kg și 1000 kg per lună.

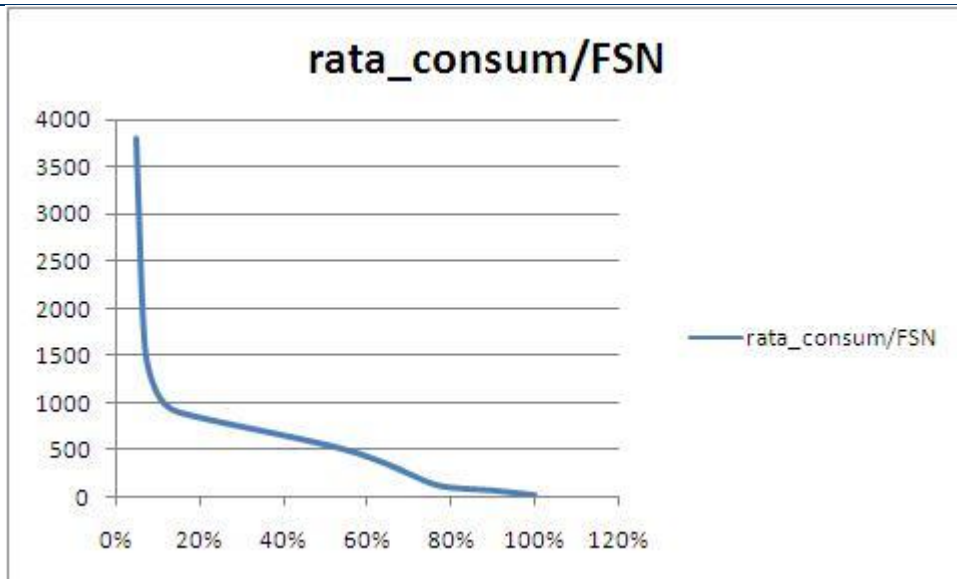


Figura 14 Reprezentarea grafică a clasificării FSN

Pe axa orizontală este reprezentată ponderea din totalul celor 100 sortimente, iar pe verticală - cantitatea lunară produsă, cu valori între 20 kg și 3800 kg.

3.3 Descrierea raționamentului expertului uman

La Transeuro, politica de gestiune a lanțului valoric integrat - limitată la cele 12 magazine de prezentare, urmează modelul de mai jos.

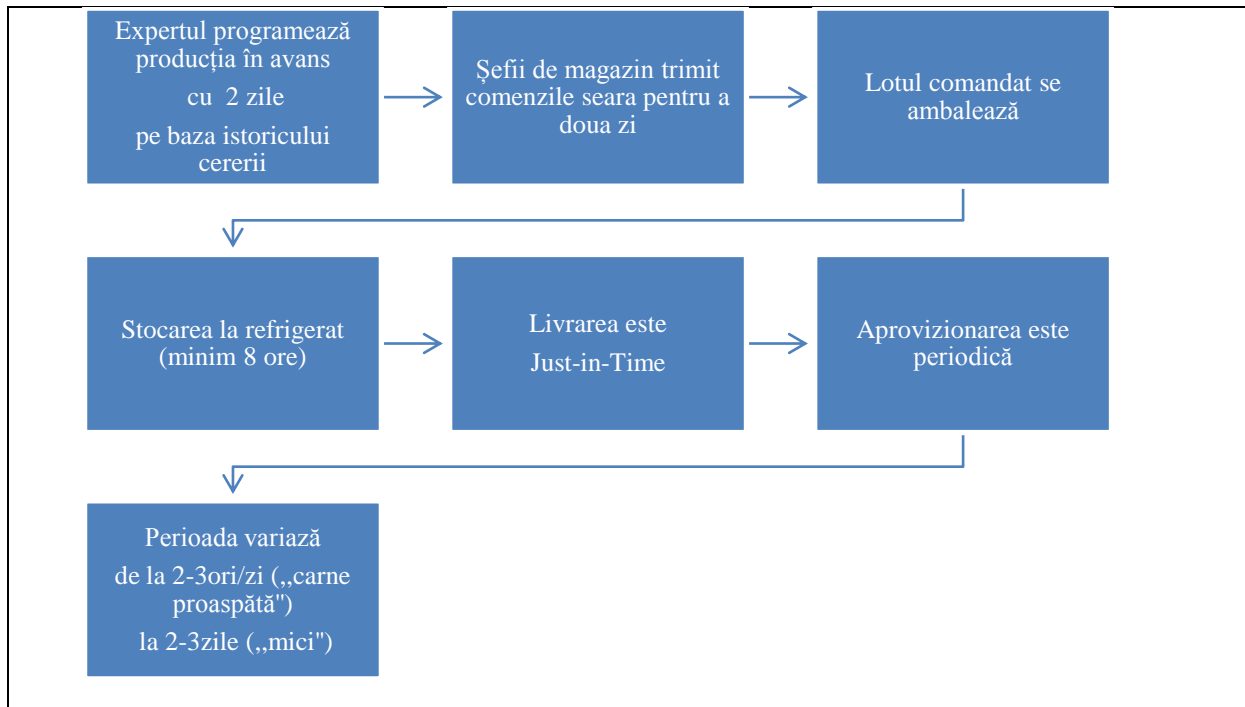


Figura 15 Modelul simplificat al raționamentului de gestiune al lanțului valoric la S.C Transeuro

Următoarea etapă este proiectarea controlului. Inițial, rata consumului trebuie măsurată. Pentru evaluarea ratei consumului putem folosi algoritmul clasificării FSN descris în Stoia & Achim (2015).⁹

Prin urmare, preparatele de carne cu consum/rulaj ridicat (tip F) folosite la testarea modelului fiind similare celor de tip A (clasificarea Pareto), le-am tratat din perspectiva Just-in-Time, la fel cum au abordat-o și experții în gestiunea stocurilor angajați ai Transeuro Grup Ighiu.

Politica Transeuro de gestiune a stocurilor se apropie foarte mult de filozofia JIT, având o bază empirică. Este foarte eficientă datorită expertizei existente în firmă.

Astfel, proiectând sistemul expert fuzzy de control în ideea integrării acestei expertize am reușit să punem bazele unei abordări Just-in-Time științifice.

⁹ Parekh et al. (2008) *apud* Stoia, C.L. and Achim, I.M. (2015), „A Synthesis Regarding the Application of Expert Systems in Inventory management”, *2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 17-19 March 2015, Seville, pp. 2382 – 2387, DOI: 10.1109/ICIT.2015.7125449, p. 2384*

3.4 Studiul de caz al produsului „virșli maț de oaie”

3.4.1 Evaluarea produsului „virșli maț de oaie”

Comparând cele două rulaje observăm că există o diferență semnificativă de 24% între rulajul actual al stocului („virșli maț de oaie”) de ≈ 9 și cel optim de ≈ 12 .

Acest decalaj de 24% în rulajul stocurilor se reflectă în eficiența economică a firmei, în fluxul banilor (cashflow), adică cât de repede se întorc investițiile (este plătită firma).

Modulul fuzzy calculează stocul optim S^* după formula derivată din Ecuația 3.10:

$$S^* = [(cerere_max - cerere_min) * (PV + CP - CPR)] / (PV + CP - CS) + cerere_min$$

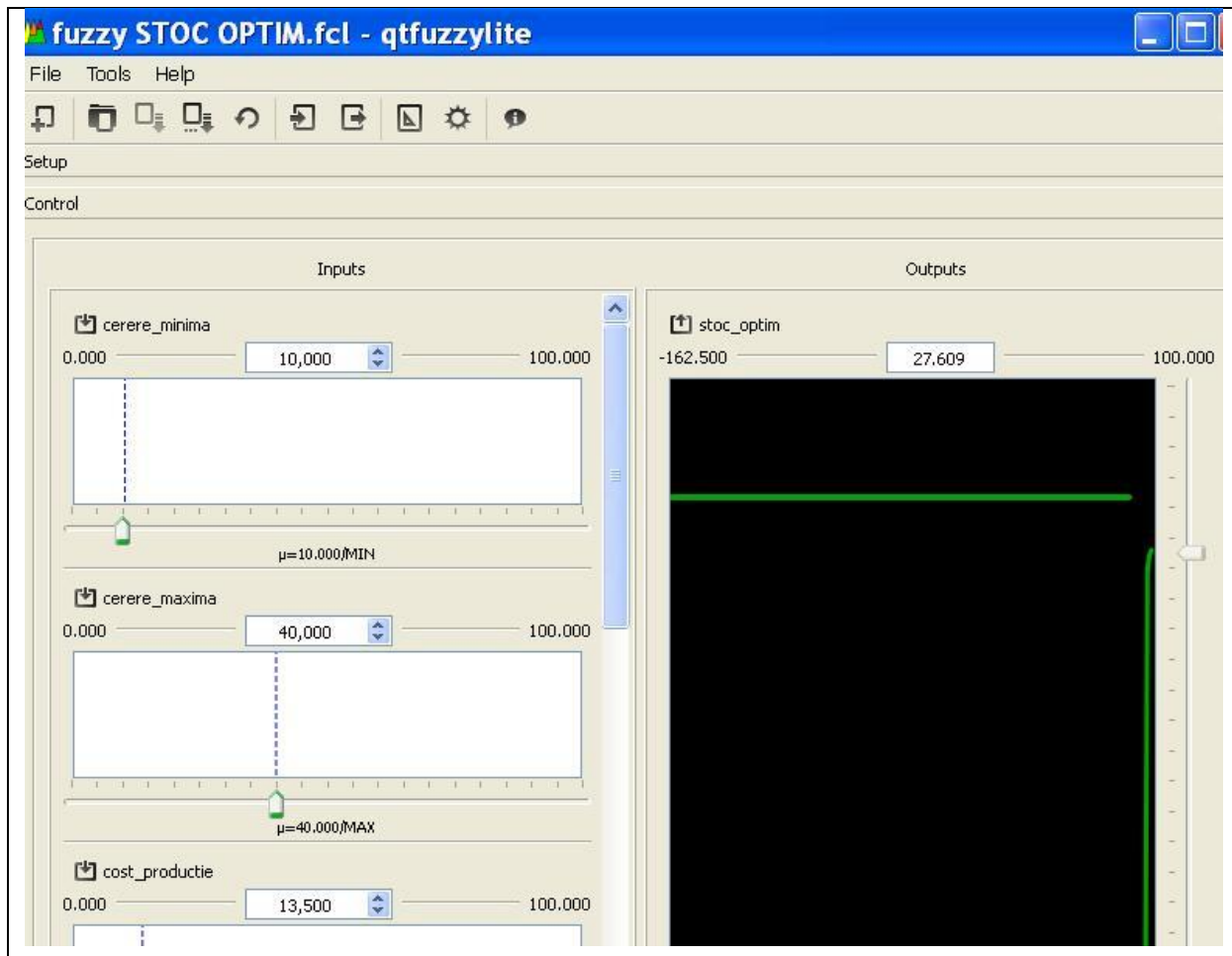


Figura 16 Planificarea stocului optim pentru produsul „virșli”, S^* este 28 kg

3.4.2 Implementarea sistemului fuzzy de regularizarea stocului de „virșli maț de oaie”

În prima fază *fixăm valorile de referință* pentru cele două intrări și pentru ieșirea S.E.F.

Pragurile necesare pentru modelarea funcțiilor de apartenență ale *erorii* sunt:

- $\frac{1}{8}S^* = 3,5$ kg;
- $\frac{1}{4}S^* = 7$ kg;
- $\frac{3}{8}S^* = 10,5$ kg;
- $\frac{1}{2}S^* = 14$ kg.

Pragurile pentru modelarea funcțiilor de apartenență ale *integralei erorii* sunt:

- $\frac{1}{4}S^* = 7$ kg;
- $\frac{1}{2}S^* = 14$ kg;
- $\frac{3}{4}S^* = 21$ kg;
- $S^* = 28$ kg.

Pragurile pentru modelarea funcțiilor de apartenență ale *variației prețului* (ieșirea S.E.F) sunt:

- $\frac{PV}{10} = 2$ lei;
- $\frac{2PV}{10} = 4$ lei;
- $\frac{3PV}{10} = 6$ lei;
- $\frac{4PV}{10} = 8$ lei.

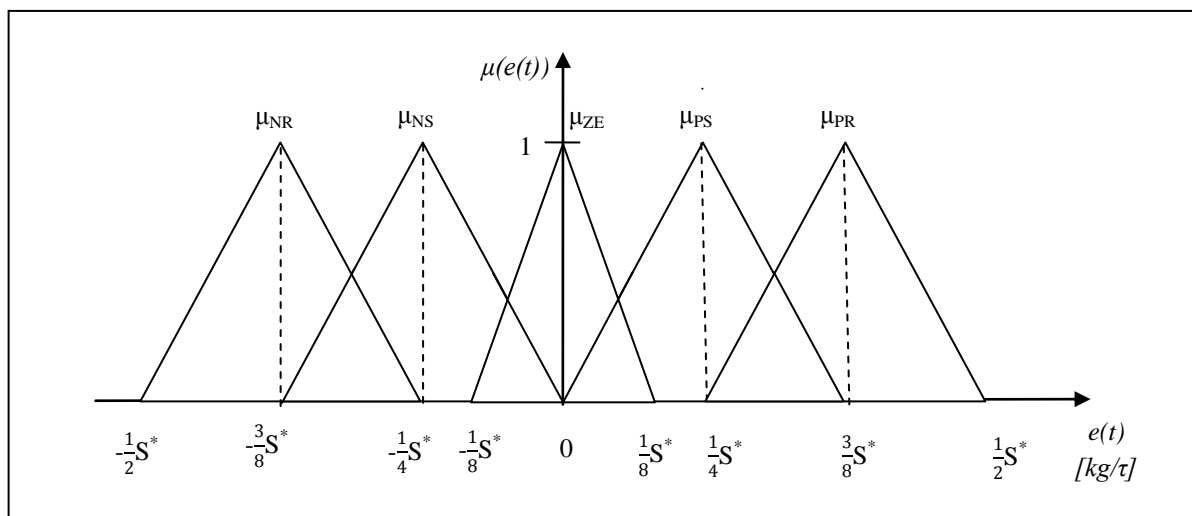


Figura 17 Funcțiile de apartenență ale erorii de cerere „virșli maț de oaie” pe durata τ

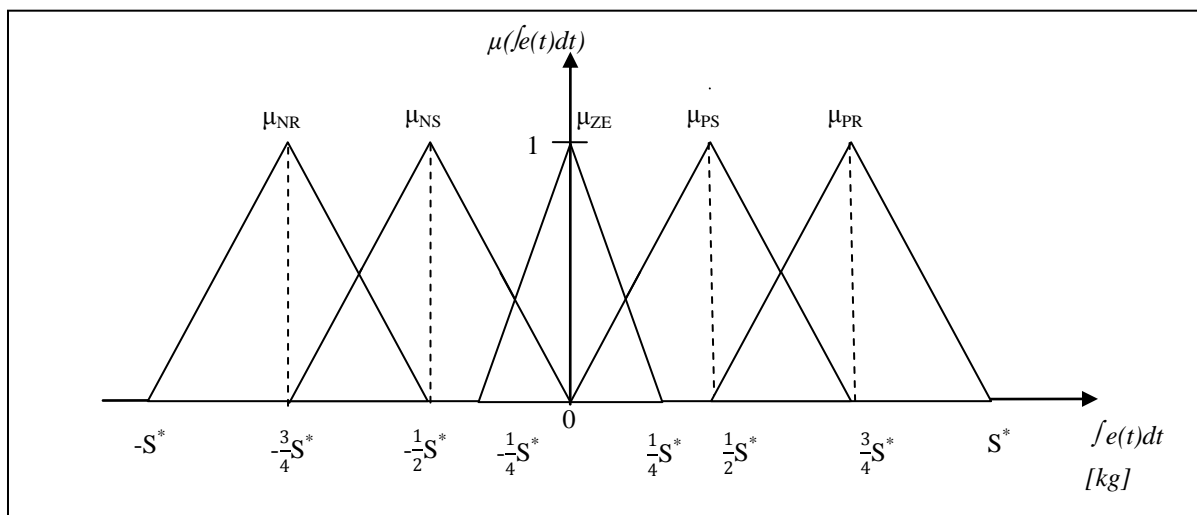


Figura 18 Funcțiile de apartenență ale integralei erorii de cerere „virșli maț de oaie”

A doua etapă de implementare este *stabilirea regulilor S.E.F.* de gestiunea stocurilor. Această fază este redată în tabelul de mai jos.

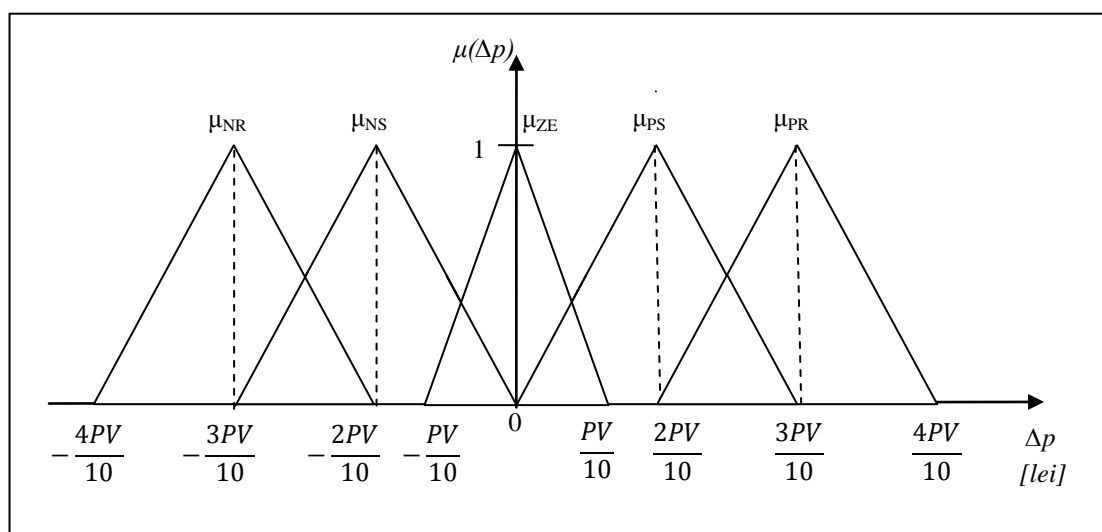


Figura 19 Funcțiile de apartenență ale ieșirii S.E.F. la produsul „virșli maț de oaie”



Pentru construcția S.E.F. am utilizat softul *Fuzzy Lite 3.1*, dezvoltat de Juan Rada-Vilela¹⁰.

Tabel 6 Fuzificarea intrărilor SEF pentru produsul „virșli maț de oaie”

| | |
|---|--|
| <pre>FUZZIFY eroare_cerere RANGE := (-14.000 .. 14.000); TERM negativridicata := Triangle (-14.000, - 10.500, -7.000); TERM negativscazuta := Triangle (-10.500, - 7.000, 0.000); TERM zero := Triangle (-3.500, 0.000, 3.500); TERM pozitivscazuta := Triangle (0.000, 7.000, 10.500); TERM pozitivridicata := Triangle (7.000, 10.500, 14.000); END_FUZZIFY</pre> | <pre>FUZZIFY integrala_erorii RANGE := (-28.000 .. 28.000); TERM negativridicata := Triangle (-28.000, - 21.000, -14.000); TERM negativscazuta := Triangle (-21.000, - 14.000, 0.000); TERM zero := Triangle (-7.000, 0.000, 7.000); TERM pozitivscazuta := Triangle (0.000, 14.000, 21.000); TERM pozitivridicata := Triangle (14.000, 21.000, 28.000); END_FUZZIFY</pre> |
|---|--|

Tabel 7 Procesarea celor 25 de reguli de decizie

| |
|--|
| <pre>RULE 1 : if eroare_cerere is negativridicata and integrala_erorii is negativridicata then variatia_pretului is PR RULE 2 : if eroare_cerere is negativridicata and integrala_erorii is negativscazuta then variatia_pretului is PR RULE 3 : if eroare_cerere is negativridicata and integrala_erorii is zero then variatia_pretului is PR RULE 4 : if eroare_cerere is negativridicata and integrala_erorii is pozitivscazuta then variatia_pretului is PS RULE 5 : if eroare_cerere is negativridicata and integrala_erorii is pozitivridicata then variatia_pretului is ZE RULE 6 : if eroare_cerere is negativscazuta and integrala_erorii is negativridicata then variatia_pretului is PR RULE 7 : if eroare_cerere is negativscazuta and integrala_erorii is negativscazuta then variatia_pretului is PR RULE 8 : if eroare_cerere is negativscazuta and integrala_erorii is zero then variatia_pretului is PS RULE 9 : if eroare_cerere is negativscazuta and integrala_erorii is pozitivscazuta then variatia_pretului</pre> |
|--|

¹⁰ Juan Rada-Vilela (2014), Fuzzylite: a fuzzy logic control library, URL: <http://www.fuzzylite.com> [Accesat la data de 7 ianuarie 2014]



is ZE

RULE 10 : if eroare_cerere is negativscazuta and integrala_eroarii is pozitivridicata then
variatia_pretului is NS

RULE 11 : if eroare_cerere is zero and integrala_eroarii is negativridicata then variatia_pretului is PR

RULE 12 : if eroare_cerere is zero and integrala_eroarii is negativscazuta then variatia_pretului is PS

RULE 13 : if eroare_cerere is zero and integrala_eroarii is zero then variatia_pretului is ZE

RULE 14 : if eroare_cerere is zero and integrala_eroarii is pozitivscazuta then variatia_pretului is NS

RULE 15 : if eroare_cerere is zero and integrala_eroarii is pozitivridicata then variatia_pretului is NR

RULE 16 : if eroare_cerere is pozitivscazuta and integrala_eroarii is negativridicata then
variatia_pretului is PS

RULE 17 : if eroare_cerere is pozitivscazuta and integrala_eroarii is negativscazuta then
variatia_pretului is ZE

RULE 18 : if eroare_cerere is pozitivscazuta and integrala_eroarii is zero then variatia_pretului is NS

RULE 19 : if eroare_cerere is pozitivscazuta and integrala_eroarii is pozitivscazuta then
variatia_pretului is NR

RULE 20 : if eroare_cerere is pozitivscazuta and integrala_eroarii is pozitivridicata then variatia_pretului
is NR

RULE 21 : if eroare_cerere is pozitivridicata and integrala_eroarii is negativridicata then
variatia_pretului is ZE

RULE 22 : if eroare_cerere is pozitivridicata and integrala_eroarii is negativscazuta then
variatia_pretului is NS

RULE 23 : if eroare_cerere is pozitivridicata and integrala_eroarii is zero then variatia_pretului is NR

RULE 24 : if eroare_cerere is pozitivridicata and integrala_eroarii is pozitivscazuta then variatia_pretului
is NR

RULE 25 : if eroare_cerere is pozitivridicata and integrala_eroarii is pozitivridicata then variatia_pretului
is NR

Evaluarea celor 25 reguli este cea de-a doua fază a S.E.F.

Tabel 8 Operatorii fuzzy

RULEBLOCK

AND : MIN;

OR : MAX;

ACT : PROD;

Faza de agregare (III) este realizată de operatorul *ASUM* (Algebraic Sum), iar cea de defuzificare (IV) - prin bine cunoscuta metodă *C.G.* (Center of Gravity):



Tabel 9 Defuzificarea ieșirii S.E.F. pentru „virșli maț de oaie”

| | |
|--|--|
| DEFUZZIFY variatia_pretului RANGE := (-8.000 .. 8.000); TERM NR := Triangle (-8.000, -6.700, -4.000); TERM NS := Triangle (-6.700, -4.000, 0.000); TERM ZE := Triangle (-2.000, 0.000, 2.000); TERM PS := Triangle (0.000, 4.000, 6.700); TERM PR := Triangle (4.000, 6.700, 8.000); | METHOD : COG; ACCU : ASUM; DEFAULT := -inf; END_DEFUZZIFY |
|--|--|

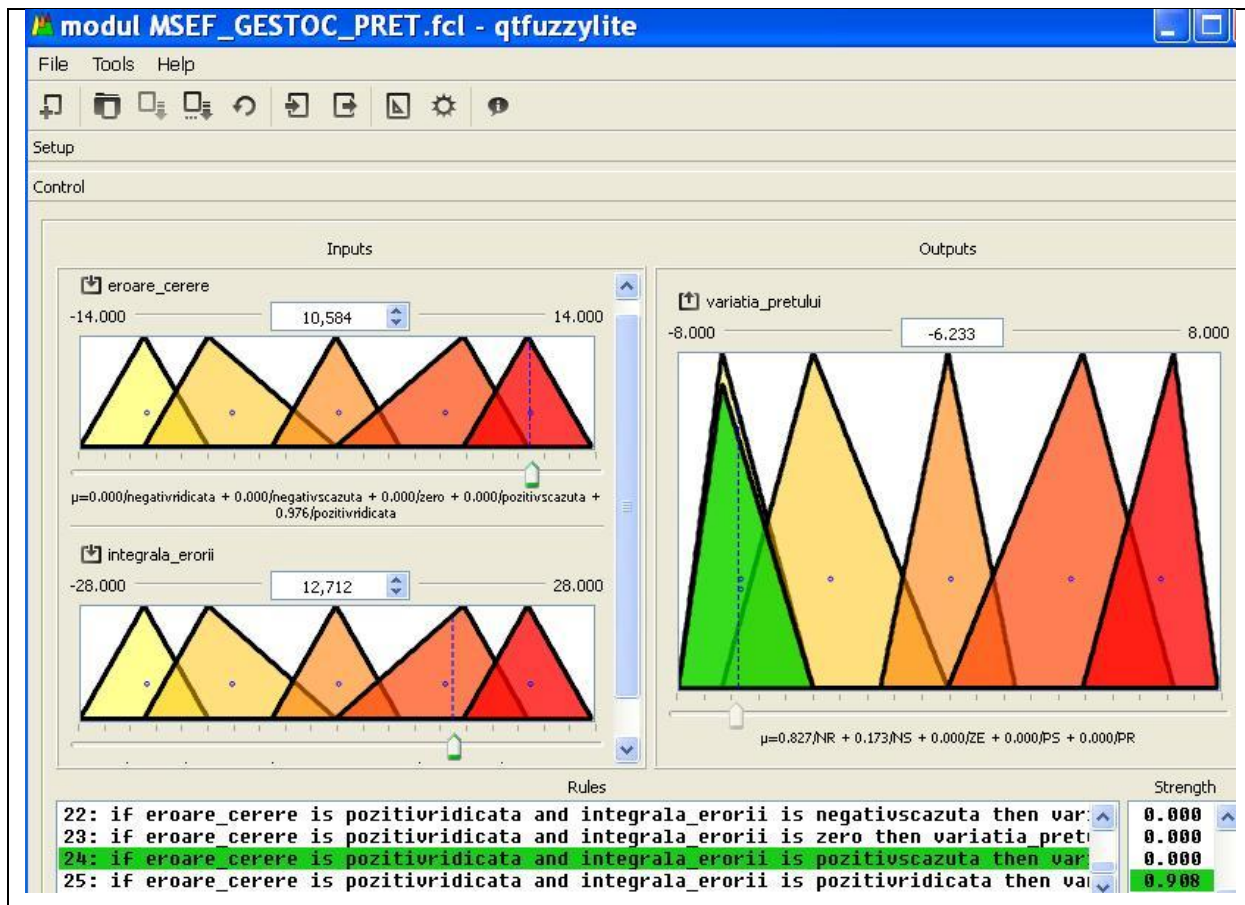


Figura 20 S.E.F. în faza de regularizare a produsului „virșli maț de oaie”

În figura de mai sus pozițiile cursoroarelor evocă următoarea situație:

- După un interval de timp τ scurs de la începutul zilei de vânzare (ex. după 4 ore) există o eroare între cererea prognozată (optimă) și cererea reală, de aprox. 11 kg, adică $e(t)=10,58$ kg (cererile sunt considerate instantanee, cu distribuție uniformă/rectangulară);

- După alte 4 ore de vânzare (τ), *integrala erorii* fiind 12,71 kg înseamnă că diferența dintre stocul optim S^* și vânzările reale $V(t)$ este de 13kg, prin urmare - direcția pe care ne-o indică erorile este că nu vom reuși să vindem tot stocul optim până la sfârșitul zilei, dacă nu manipulăm prețul de vânzare astfel încât să stimulăm vânzările.
- Sistemul ne oferă soluția: $\Delta p = -6,23$ lei, adică să scădem prețul de vânzare a produsului „virșli maț de oaie” (20lei) cu aprox. 30%.
- Observăm că regula nr. 24 este activată în proporție de 90% (0,908), deci semnifică un grad de încredere ridicat.

3.4.3 Simularea sistemului fuzzy pentru produsul „vișli maț de oaie”

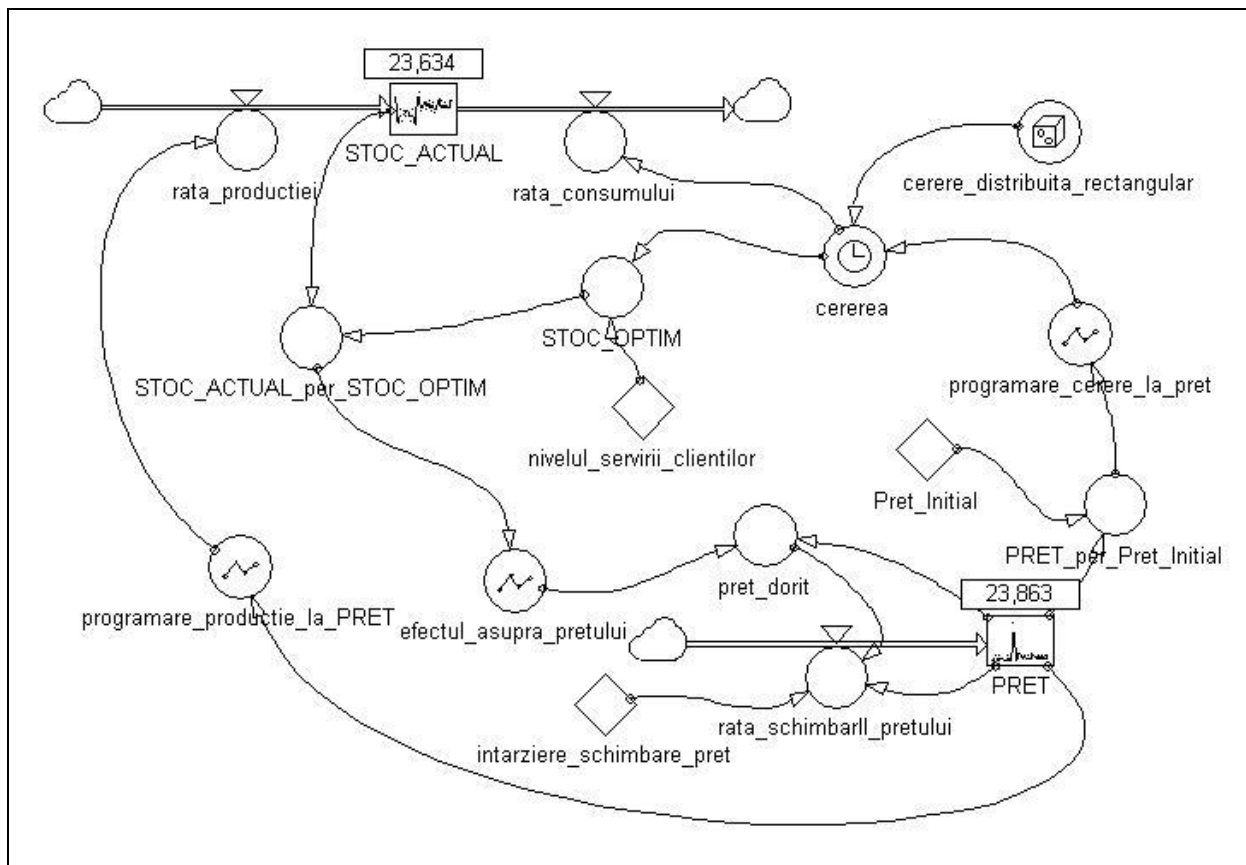


Figura 21 Modelul simulării pentru produsul „vișli maț de oaie”

Produsul fiind unul cu mișcare rapidă/consum mare (3800kg/lună), deci de categorie F (similar clasa A în clasificarea Pareto) am ales o simularea pe o perioadă de 30 zile datorită faptului că acest gen de produse necesită un control ferm în sistem continuu.



Din simularea reprezentată grafic mai sus, observăm că sistemul se stabilizează la valorile: ≈ 24 kg $STOC_ACTUAL$ și ≈ 24 lei $PRET$. Acest lucru se datorează, în parte, creșterii cererii cu câte 10kg la fiecare 10 zile; cererea aleatoare fiind modelată cu o funcție TREAPTĂ (10, 10) folosită uzual pentru dezechilibrarea sistemului dinamic.

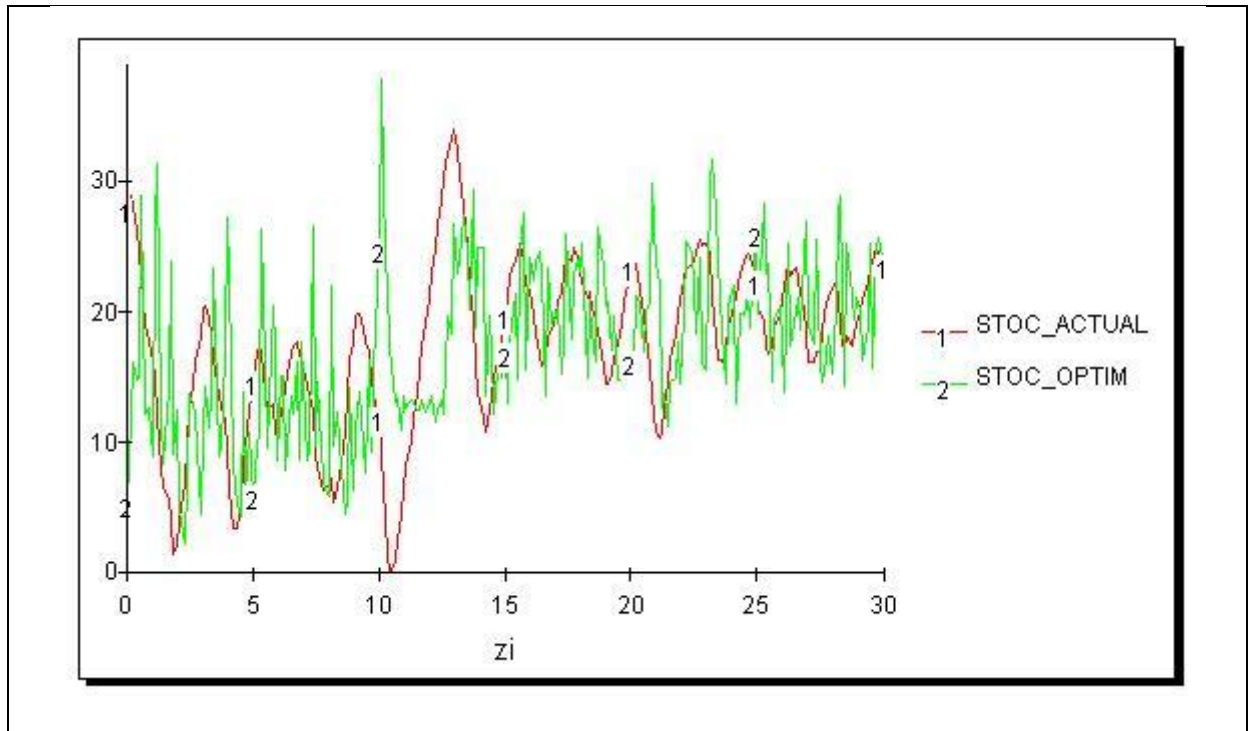


Figura 22 Graficul oscilațiilor pe 30 zile a stocului „virșli maț de oaie”

Graficul de mai sus ilustrează o perioadă de 30 zile în care $STOCUL_ACTUAL$ oscilează mai amplu la început, apoi mai atenuat pentru a se potrivi $STOCULUI_OPTIM$. Acest lucru se realizează prin existență unei bucle negative de feedback.

La poziția corespunzătoare zilei a 10-a observăm un vârf al $STOCULUI_OPTIM$, datorat modelării cererii aleatorii cu funcția STEP (10,10), adică la fiecare 10zile crește cererea cu 10kg.

La poziția corespunzătoare zilei a 20-a, situația a fost ameliorată, iar stocul actual acoperă mai bine vârful $STOCULUI_OPTIM$.

3.4.4 Demonstrarea eficienței economice a implementării sistemului expert fuzzy

Introducând datele pentru produsul „vișli maș de oaie” în Ecuația 3.9, obținem profitul estimat dacă vindem întregul lot optim:

$$\begin{aligned} \text{profitul estimat} &= 20\text{lei} \cdot 25\text{kg} - 13,5\text{lei} \cdot 28\text{kg} + 4\text{lei} \cdot 5,4\text{kg} - (20 + 7\text{lei}) \cdot 2,4\text{kg} \\ &= 500 - 378 + 21,6 - 64,5 \approx 79\text{lei}. \end{aligned}$$

Pentru STOCUL_ACTUAL $S=24\text{kg}$ și PREȚ $P_V=24\text{lei/kg}$ rezultate în urma simulării pe o perioadă de o lună, introduse în Ecuațiile 3.7 și 3.8 obținem estimările suprastocului și penuriei de stoc:

$$E_{\text{suprastoc}}[24] = \frac{(24-10) \cdot (24-10)}{2 \cdot (40-10)} = 14^2/60 = 3,27\text{kg};$$

$$E_{\text{lipsă_stoc}}[24] = \frac{(40-24) \cdot (40-24)}{2 \cdot (40-10)} = 16^2/60 = 4,27\text{kg};$$

Ecuația 3.9 ne furnizează *profitul simulat*:

$$\begin{aligned} P_{\text{SIMULAT}} &= 24\text{lei} \cdot 25\text{kg} - 13,5\text{lei} \cdot 24\text{kg} + 4\text{lei} \cdot 3,27\text{kg} - (24 + 7\text{lei}) \cdot 4,27\text{kg} \\ &= 600 - 324 + 13,08 - 132,37 = 156,71\text{lei} \approx 157\text{lei} \end{aligned}$$

Astfel, prin implementarea sistemului expert fuzzy de control/regularizarea stocului folosind variația prețului, obținem o creștere relativă de 99% (profitul se dublează).

3.5 Studiul de caz al produsului „mici” în magazinul Transeuro

3.5.1 Evaluarea performanței produsului „mici”

Există o diferență semnificativă de 19% între rata rulajului actual de 9,43 și cea optimă de 11,67.

Decalajul de 19% în rulajul stocurilor de „mici” afectează randamentul economic al firmei, adică banii investiți sunt recuperați cu întârziere.

3.5.2 Implementarea sistemului fuzzy pentru regularizarea stocului produsului „mici”

Tabel 10 Parametrizarea primei intrări a S.E.F. pentru „mici”

| Funcția | μ_{NR} | μ_{NS} | μ_{ZE} | μ_{PS} | μ_{PR} |
|-------------------|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| $S^*=18\text{kg}$ | $(-\frac{S^*}{2}, -\frac{3S^*}{8}, -\frac{S^*}{4})$ | $(-\frac{3S^*}{8}, -\frac{S^*}{4}, 0)$ | $(-\frac{S^*}{8}, 0, \frac{S^*}{8})$ | $(0, \frac{S^*}{4}, \frac{3S^*}{8})$ | $(\frac{S^*}{4}, \frac{3S^*}{8}, \frac{S^*}{2})$ |
| $\mu(e(t))$ | (-9, -6,75, -4,5) | (-6,75, -4,5, 0) | (-2,25, 0, 2,25) | (0, 4,5, 6,75) | (4,5, 6,75, 9) |



Tabel 11 Parametrizarea intrării nr. 2 a S.E.F. pentru „mici”

| Funcția | μ_{NR} | μ_{NS} | μ_{ZE} | μ_{PS} | μ_{PR} |
|---------------------|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| $S^* = 18\text{kg}$ | $(-S^*, -\frac{3S^*}{4}, -\frac{S^*}{2})$ | $(-\frac{3S^*}{4}, -\frac{S^*}{2}, 0)$ | $(-\frac{S^*}{4}, 0, \frac{S^*}{4})$ | $(0, \frac{S^*}{2}, \frac{3S^*}{4})$ | $(\frac{S^*}{2}, \frac{3S^*}{4}, S^*)$ |
| $\mu(je(t)dt)$ | (-18, -13,5, -9) | (-13,5, -9, 0) | (-4,5, 0, 4,5) | (0, 9, 13,5) | (9, 13,5, 18) |

Tabel 12 Parametrizarea ieșirii S.E.F. pentru „mici”

| Funcția | μ_{NR} | μ_{NS} | μ_{ZE} | μ_{PS} | μ_{PR} |
|------------------------|--|---|--|---|---|
| $P_V = 15,3\text{lei}$ | $(-\frac{4P_V}{10}, -\frac{3P_V}{10}, -\frac{2P_V}{10})$ | $(-\frac{3P_V}{10}, -\frac{2P_V}{10}, 0)$ | $(-\frac{P_V}{10}, 0, \frac{P_V}{10})$ | $(0, \frac{2P_V}{10}, \frac{3P_V}{10})$ | $(\frac{2P_V}{10}, \frac{3P_V}{10}, \frac{4P_V}{10})$ |
| $\mu(\Delta p(t))$ | (-6, -4,5, -3) | (-4,5, -3, 0) | (-1,5, 0, 1,5) | (0, 3, 4,5) | (3, 4,5, 6) |

3.5.3 Simularea sistemului dinamic pentru produsul „mici”

Modelul simulării atinge echilibrul la (17 kg, 17 lei)

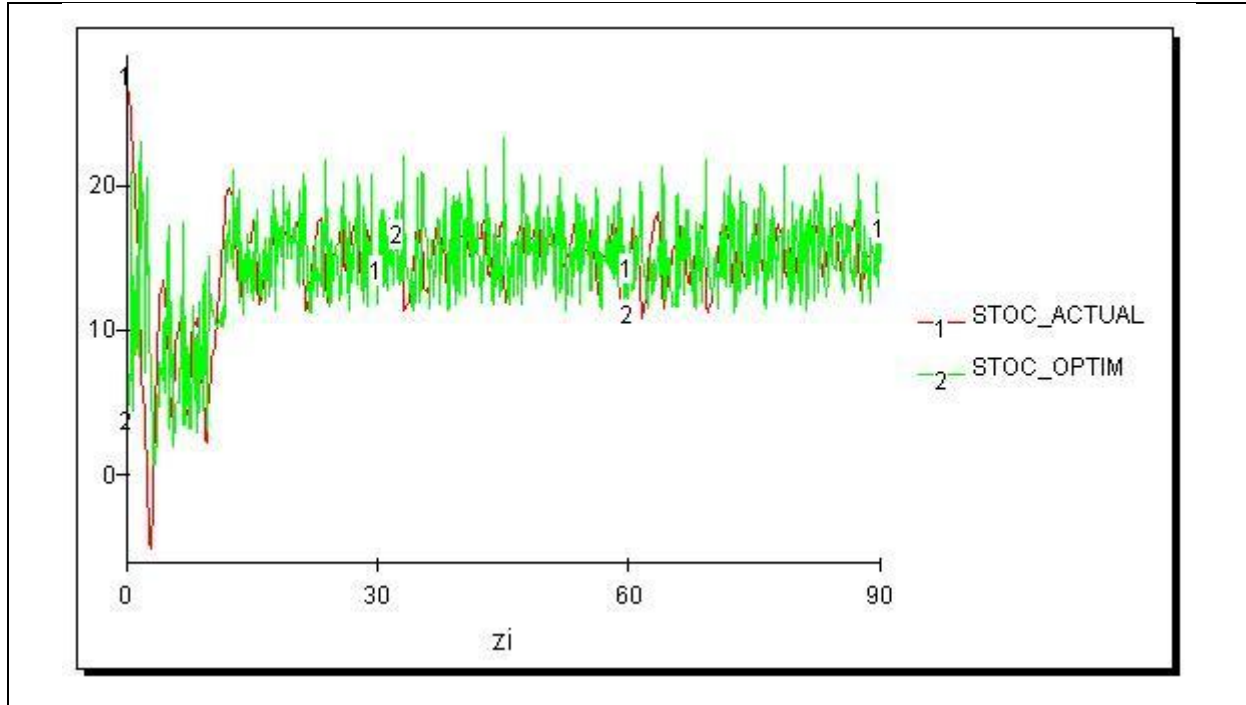


Figura 23 Oscilațiile variabilei controlate stoc „mici” pe 3luni



3.5.4 Demonstrarea randamentului economic al implementării sistemului expert fuzzy

$$\begin{aligned} \text{Profitul estimat} &= 15,3\text{lei} \cdot 15\text{kg} - 10,8 \cdot 18\text{kg} + 5\text{lei} \cdot 4,225\text{kg} - (15,3 + 6\text{lei}) \cdot 1,225\text{kg} \\ &= 30,14 \approx 30\text{lei} \end{aligned}$$

$$P_{SIMULAT} = 17\text{lei} \cdot 15\text{kg} - 10,8\text{lei} \cdot 17\text{kg} + 5\text{lei} \cdot 3,6\text{kg} - (17 + 6\text{lei}) \cdot 1,6\text{kg} = 52,6 \approx 53\text{lei}$$

Implementarea sistemului expert fuzzy asigură creșterea profitului relativ cu 77 procente.

3.6 Studiul de caz al produsului „salam italian” în magazinul Transeuro

3.6.1 Evaluarea performanței produsului „salam italian”

Rata reală de rulaj a stocului este superioară cu 9 procente ratei acceptabile ce ține cont de cantitatea comenzii economice calculate matematic (în valoare de 56kg) în ceea ce privește stocul de „salam italian”.

3.6.2 Implementarea sistemului fuzzy pentru regularizarea stocului de „salam italian”

Tabel 13 Parametrii pentru intrarea e(t) a S.E.F „salam italian”

| Funcția | μ_{NR} | μ_{NS} | μ_{ZE} | μ_{PS} | μ_{PR} |
|--------------------|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| $S^* = 8\text{kg}$ | $(-\frac{S^*}{2}, -\frac{3S^*}{8}, -\frac{S^*}{4})$ | $(-\frac{3S^*}{8}, -\frac{S^*}{4}, 0)$ | $(-\frac{S^*}{8}, 0, \frac{S^*}{8})$ | $(0, \frac{S^*}{4}, \frac{3S^*}{8})$ | $(\frac{S^*}{4}, \frac{3S^*}{8}, \frac{S^*}{2})$ |
| $\mu(e(t))$ | (-4, -3, -2) | (-3, -2, 0) | (-1, 0, 1) | (0, 2, 3) | (2, 3, 4) |

Tabel 14 Parametrizarea intrării nr. 2 a S.E.F. „salam italian”

| Funcția | μ_{NR} | μ_{NS} | μ_{ZE} | μ_{PS} | μ_{PR} |
|--------------------|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| $S^* = 8\text{kg}$ | $(-S^*, -\frac{3S^*}{4}, -\frac{S^*}{2})$ | $(-\frac{3S^*}{4}, -\frac{S^*}{2}, 0)$ | $(-\frac{S^*}{4}, 0, \frac{S^*}{4})$ | $(0, \frac{S^*}{2}, \frac{3S^*}{4})$ | $(\frac{S^*}{2}, \frac{3S^*}{4}, S^*)$ |
| $\mu(i_e(t)dt)$ | (-8, -6, -4) | (-6, -4, 0) | (-2, 0, 2) | (0, 4, 6) | (4, 6, 8) |

Tabel 15 Parametrizarea ieșirii S.E.F. pentru „salam italian”

| Funcția | μ_{NR} | μ_{NS} | μ_{ZE} | μ_{PS} | μ_{PR} |
|------------------------|---|---|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
| $P_V = 15,5\text{lei}$ | $(-\frac{4PV}{10}, -\frac{3PV}{10}, -\frac{2PV}{10})$ | $(-\frac{3PV}{10}, -\frac{2PV}{10}, 0)$ | $(-\frac{PV}{10}, 0, \frac{PV}{10})$ | $(0, \frac{2PV}{10}, \frac{3PV}{10})$ | $(\frac{2PV}{10}, \frac{3PV}{10}, \frac{4PV}{10})$ |
| $\mu(\Delta p(t))$ | (-6, -4,5, -3) | (-4,5, -3, 0) | (-1,5, 0, 1,5) | (0, 3, 4,5) | (3, 4,5, 6) |

3.6.3 Simularea sistemului pentru produsul „salam italian”

Stabilizarea stocului de „salam italian” după 6 luni la (6,58 kg, 21,46 lei)

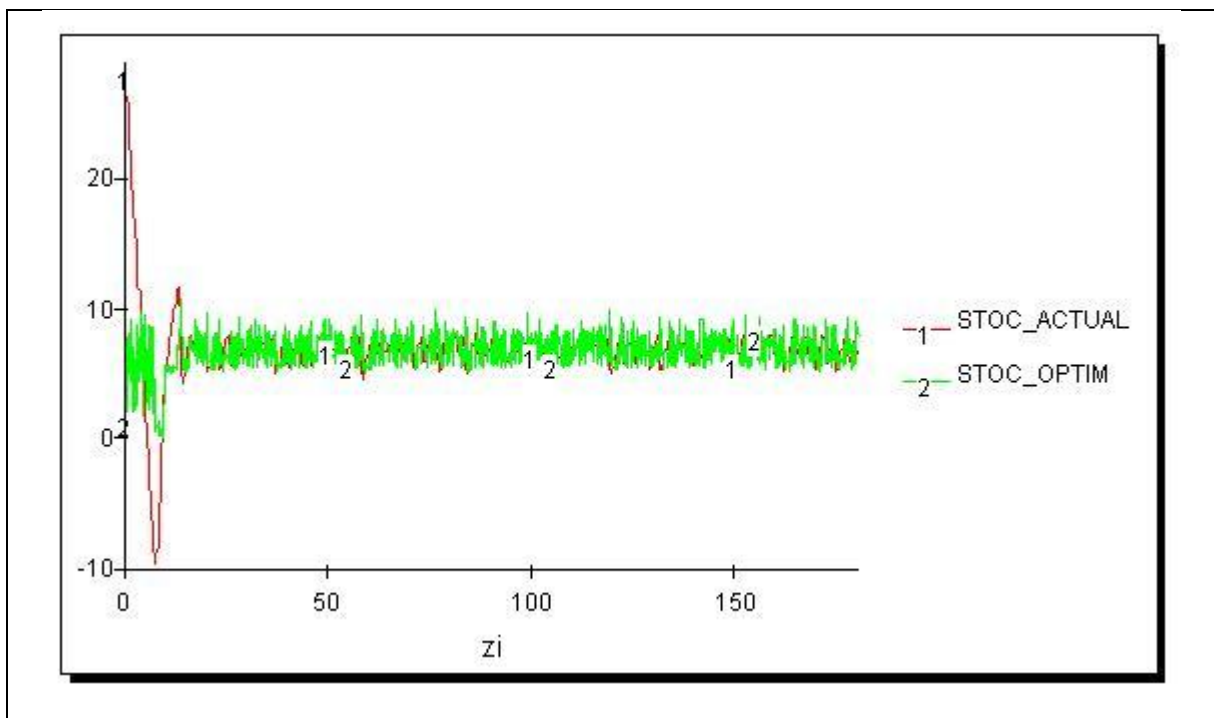


Figura 24 Simularea pe 180 zile a regularizării stocului de „salam italian”

În săptămâna a 20-a oscilațiile sunt mult diminuate, iar apoi bucla de feed-back negativ reușește să regularizeze stocul actual la nivelul celui optim; această operațiune fiind, de fapt, obiectivul sistemului de control.

3.6.4 Demonstrarea eficienței economice a implementării sistemului expert fuzzy

$$\text{Profitul așteptat} = 15,5\text{lei} \cdot 6\text{kg} - 10,8\text{lei} \cdot 8\text{kg} + 8\text{lei} \cdot 2,25\text{kg} - (15,5 + 5\text{lei}) \cdot 0,25\text{kg} = 19,47\text{lei}$$

$$\begin{aligned} \text{Profitul simulat} &= 21,5\text{lei} \cdot 6\text{kg} - 10,8\text{lei} \cdot 6,6\text{kg} + 8\text{lei} \cdot 1,32 - (21,5 + 5\text{lei}) \cdot 0,72\text{kg} \\ &= 49,2\text{lei} \approx 49\text{lei} \end{aligned}$$

Implementarea S.E.F. asigură o creștere a eficienței (relative) economice de 158 procente prin controlul stocului de „salam italian”.



3.7 Studiul de caz al produsului „cârnaț polonez” în magazinul de prezentare

Transeuro

3.7.1 Evaluarea produsului fabricat de SC Transeuro „cârnaț polonez”

Rulajul real al stocului de „cârnaț polonez” depășește cu 18% rata acceptabilă .

3.7.2 Implementarea sistemului fuzzy pentru regularizarea stocului de „cârnaț polonez”

Planificarea comenzii optime de „cârnaț polonez”, S^* este 10kg.

Tabel 16 Parametrizarea intrării erorii de cerere de „cârnaț polonez”

| Funcția | μ_{NR} | μ_{NS} | μ_{ZE} | μ_{PS} | μ_{PR} |
|-------------------|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| $S^*=10\text{kg}$ | $(-\frac{S^*}{2}, -\frac{3S^*}{8}, -\frac{S^*}{4})$ | $(-\frac{3S^*}{8}, -\frac{S^*}{4}, 0)$ | $(-\frac{S^*}{8}, 0, \frac{S^*}{8})$ | $(0, \frac{S^*}{4}, \frac{3S^*}{8})$ | $(\frac{S^*}{4}, \frac{3S^*}{8}, \frac{S^*}{2})$ |
| $\mu(e(t))$ | $(-5, -3,75, -2,5)$ | $(-3,75, -2,5, 0)$ | $(-1,25, 0, 1,25)$ | $(0, 2,5, 3,75)$ | $(2,5, 3,75, 5)$ |

Tabel 17 Parametrii integralei erorii / stocului de „cârnaț polonez”

| Funcția | μ_{NR} | μ_{NS} | μ_{ZE} | μ_{PS} | μ_{PR} |
|--------------------|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| $S^*=10\text{kg}$ | $(-S^*, -\frac{3S^*}{4}, -\frac{S^*}{2})$ | $(-\frac{3S^*}{4}, -\frac{S^*}{2}, 0)$ | $(-\frac{S^*}{4}, 0, \frac{S^*}{4})$ | $(0, \frac{S^*}{2}, \frac{3S^*}{4})$ | $(\frac{S^*}{2}, \frac{3S^*}{4}, S^*)$ |
| $\mu(\int e(t)dt)$ | $(-10, -7,5, -5)$ | $(-7,5, -5, 0)$ | $(-2,5, 0, 2,5)$ | $(0, 5, 7,5)$ | $(5, 7,5, 10)$ |

Tabel 18 Parametrizarea ieșirii S.E.F. pentru regularizarea stocului de „cârnaț polonez”

| Funcția | μ_{NR} | μ_{NS} | μ_{ZE} | μ_{PS} | μ_{PR} |
|--------------------|--|---|--|---|---|
| $P_V=12\text{lei}$ | $(-\frac{4P_V}{10}, -\frac{3P_V}{10}, -\frac{2P_V}{10})$ | $(-\frac{3P_V}{10}, -\frac{2P_V}{10}, 0)$ | $(-\frac{P_V}{10}, 0, \frac{P_V}{10})$ | $(0, \frac{2P_V}{10}, \frac{3P_V}{10})$ | $(\frac{2P_V}{10}, \frac{3P_V}{10}, \frac{4P_V}{10})$ |
| $\mu(\Delta p(t))$ | $(-4,8, -3,6, -2,4)$ | $(-3,6, -2,4, 0)$ | $(-1,2, 0, 1,2)$ | $(0, 2,4, 3,6)$ | $(2,4, 3,6, 4,8)$ |



3.7.3 Simularea sistemului pentru produsul „cârnaț polonez”

Echilibrul stocului de „cârnaț polonez” după 90 zile este (9,33 kg, 15,74 lei).

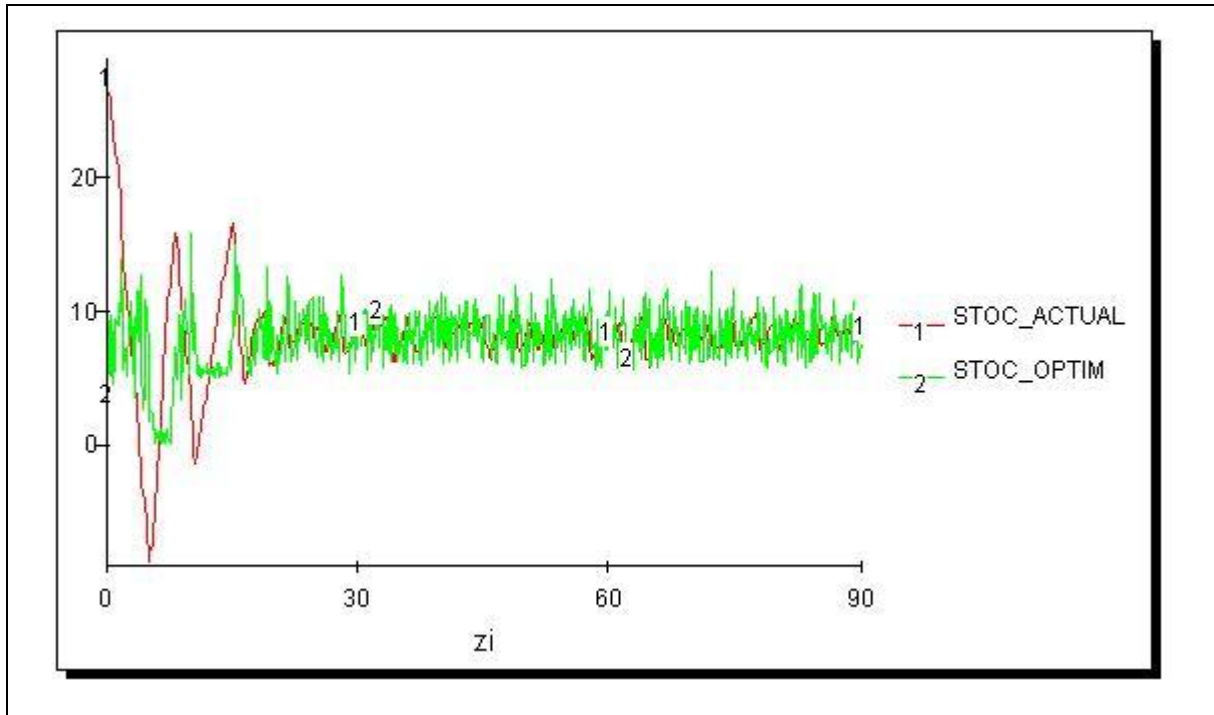


Figura 25 Oscilațiile pe 90 zile ale variabilei controlate stocului de „cârnaț polonez”

3.7.4 Demonstrarea randamentului economic în urma implementării sistemului expert fuzzy

$$\text{Profitul așteptat} = 12\text{lei} \cdot 9\text{kg} - 8,2\text{lei} \cdot 10\text{kg} + 3\text{lei} \cdot 2,04\text{kg} - (12 + 4\text{lei}) \cdot 1,04\text{kg} = 15,48\text{lei}$$

$$\text{Profitul simulat} = 15,7\text{lei} \cdot 9\text{kg} - 8,2\text{lei} \cdot 9,3\text{kg} + 3\text{lei} \cdot 1,65\text{kg} - (15,7 + 4\text{lei}) \cdot 1,35\text{kg}; \text{ (Ecuția 3.9)}$$
$$= 43 \text{ lei}$$

Aplicarea S.E.F. asigură o creștere a randamentului economic relativ de 169 procente.

3.8 Concluziile studiilor de caz

Am pornit în demersul meu cu evaluarea performanței produsului. Am comparat rata de rotație a stocului cu rata acceptabilă și am găsit diferențe. Aceste diferențe, am considerat că se traduc într-o întârziere în recuperarea capitalului investit în stocuri, adică firma este plătită cu întârziere. De aici apare necesitatea îmbunătățirii eficienței economice prin implementarea unui model de control/optimizare a stocurilor.

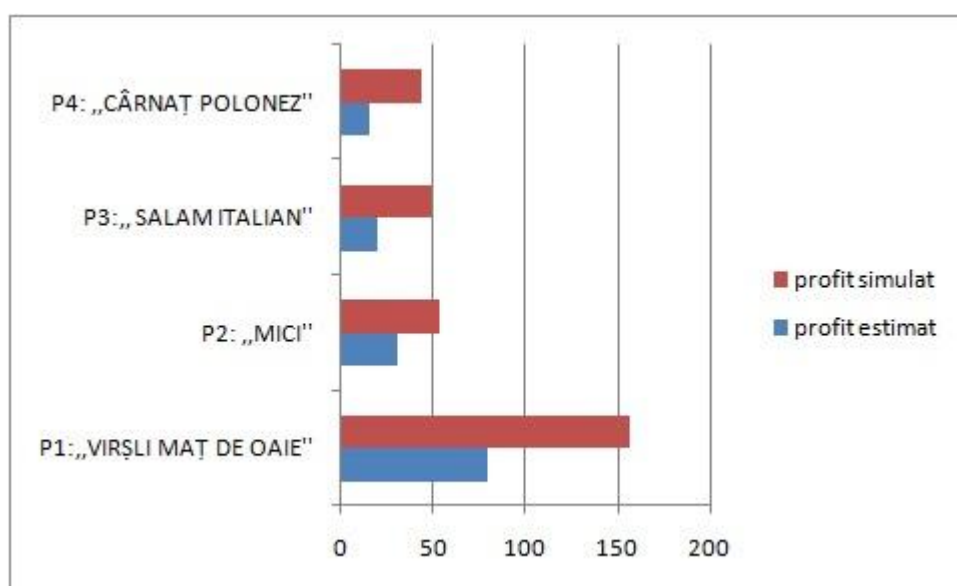


Figura 26 Compararea sintetică a randamentelor economice relative ale produselor studiate

Tabel 19 Analiza comparativă a creșterilor în eficiență economică

| Produse \ Profit | Profit estimat [lei] | Profit simulat [lei] | Creștere relativă [%] |
|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| „Virșli maț de oaie” | 79 | 157 | 99% |
| „Mici” | 30 | 53 | 77% |
| „Salam italian” | 19 | 49 | 158% |
| „Cârnaț polonez” | 16 | 43 | 169% |

Din analiza creșterilor relative ale profiturilor, observăm o creștere medie de 126% a randamentului economic al produselor studiate, prin implementarea sistemului expert fuzzy de control al stocurilor. Astfel, eficiența economică este demonstrată.

Pe de altă parte, din perspectiva consumatorului de preparate din carne - produse foarte perisabile, indicatorul de performanță al stocului este „vârsta” sau mai precis prospețimea produsului. Prin implementarea sistemului propus, acest important beneficiu pentru client este asigurat, adică livrarea produsului proaspăt la prețul potrivit.

PARTEA A IV-A: CONCLUZII

4.1 Concluziile generale

Am structurat informațiile și aspectele metodologice ale tezei în patru părți distincte:

- Analiza stadiului de referință a sistemelor expert - clasice și hibride - fuzzy și a teoriei managementului stocului;
- Metodologia: a) stabilirea celor patru ipoteze de cercetare, b) investigarea literaturii de specialitate – State-of-The-Art, c) analiza cazurilor de aplicarea a S.E. în domeniul managementului stocurilor și d) sinteza în vederea proiectării unui model îmbunătățit;
- Dezvoltarea sistemului expert fuzzy original cu softul Fuzzy Lite 3.1, și
- Testarea modelului propus prin: a) patru studii de caz ale produselor S.C. Transeuro Grup Ighiu și b) prin utilizarea unui model de simulare specific dinamicii industriale (tehnicilor Forrester) cu softul PowerSim 2.51.

fiecare dintre ele cu obiective de cercetare clar precizate: definirea problemei, clarificarea direcțiilor de cercetare, analiza punctelor forte și punctelor slabe ale modelelor S.E.F. implementate în domeniul managementului stocului în vederea propunerii unui sistem îmbunătățit, sinteza și validarea prin studii de caz și simulare.

Deoarece, munca cea mai distinctă a expertului este luarea deciziilor, S.E. propus în prezenta lucrare reprezintă:

- În general - un sistem (inteligent) pentru îmbunătățirea luării deciziilor, și
- În particular – un S.E. fuzzy de planificare/control/regularizare în vederea optimizării stocului de produse finite.

Sistemul expert fuzzy propus are un statut mai degrabă de **asistent al expertului**, deoarece preia cele aproximativ 80% din operațiuni în scopul degrevării expertului în managementul stocurilor de operațiunile relativ rutiniere și consumatoare de timp, pentru concentrarea pe cele mai creative 20 de procente din activități, conform principiului 80/20 (Pareto).

În demersul creativ, am pornit de la o abordare tipică *soft computing-ului*, respectiv stabilizarea pendulului invers folosind șapte reguli fuzzy de tipul **dacă-atunci**, realizată de Takeshi Yamakawa în 1989 (diferită de metoda clasică ce presupune calculul ecuațiilor diferențiale). Acest exemplu a reprezentat sursa de inspirație pentru dezvoltarea modelului hibrid – propus în prezenta teză, adică sistemul expert fuzzy pentru controlul stocului de produs finit, dezvoltat în softul Fuzzy Lite 3.1.

Modelul de control al stocurilor este gândit ca fiind de tip probabilistic cu ciclu unic al comenzii de aprovizionare, adică decizia de reaprovizionare **nu depinde** de cele anterioare și se fundamentează pe **minimizarea costurilor estimate**. Programarea producției este conform prognozei zilnice a cererii, prognoză ce are la bază o funcție de distribuție uniformă. Aceasta din urmă este potrivită în cazul mărfurilor (preparate proaspete din carne) care se vând la vrac [în kg], deoarece oferă o probabilitate egală tuturor cantităților, în cadrul unei plaje a cererii cu limite cunoscute. În cadrul simulării, această distribuție rectangulară poate fi modelată la prima mână (cu funcția RANDOM). Neajunsul acestei abordări este că, **în practică trebuie corectată de expertul uman**, deoarece - conform Johnston et al. (2003, p. 836) - cererea are o distribuție geometrică, caracterizată de **probabilități mai mari pentru cantități mici**.

Am folosit modelul probabilistic cu o unică comandă (ciclu unic al comenzii), care minimizează costurile așteptate (și nu cele actuale), datorită posibilității de a utiliza strategia prețurilor de vânzare dinamice (care pot fi schimbate de câteva ori per ziua de vânzare). Aceste prețuri dinamice sunt comune în domenii ca rezervarea locurilor în avion, rezervarea camerelor de hotel; aceste prețuri variind funcție de ziua săptămânii, sezon, cerere ș.a.m.d.

Astfel:

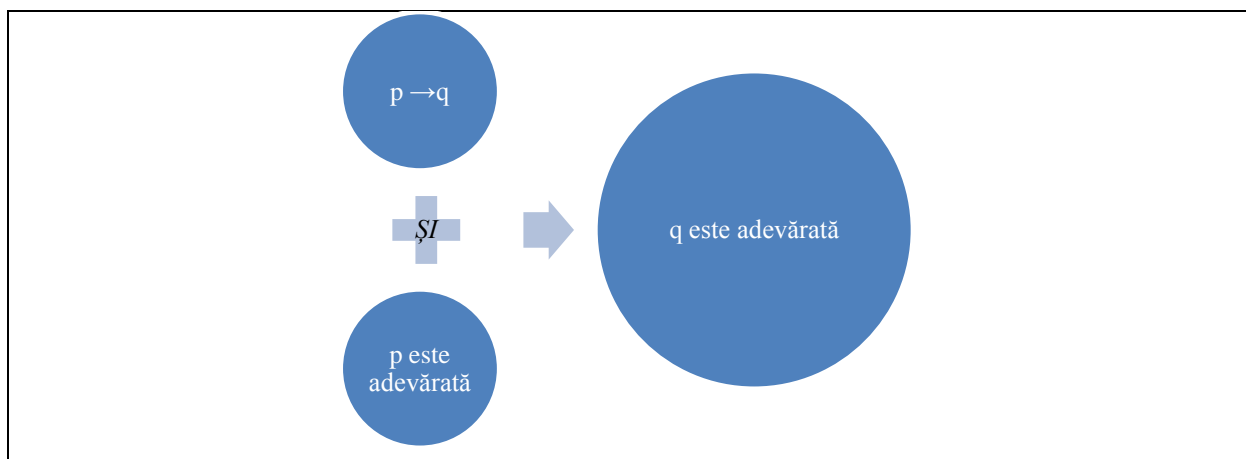


Figura 27 Prezentarea raționamentului de la baza ipotezelor de cercetare

Acest tip de inferență este cunoscut în logică (matematică) și sub numele de „modus ponens”, și funcționează în felul următor: dată fiind implicația dintre premisă (p) și concluzie (q), trebuie doar să dovedim validitatea premisei (propoziția p).

Limitele modelului

Modelul propus se bazează pe o abordare similară managementului științific (introdus ca știință de F. Taylor), *de captare a cunoștințelor*- predominant a celor științifice (din lucrări, manuale, conferințe) și demersul *de a le traduce în reguli generale*. Unul dintre instrumentele cele mai adecvate pentru aceasta este logica difuză (en. fuzzy logic).

Trebuie însă, să ținem cont de distincția dintre cunoașterea teoretică (științifică) și cea practică (empirică). Într-o manieră elaborată și precisă, Scott J.C. (1998, 2007- traducere în română, p. 384) distinge între conceptele de „techne” și „mētis”; afirmând că *techne-ul* este „universal”, „analitic”, „deconstructibil”, „verificabil” putând fi transmis formal, iar *mētis-ul* este „contextual și particular” și se referă la „competența personală” și la „«simț».”

Prin urmare, regulile nu sunt statice sau stabilite odată pentru totdeauna, ci – având un caracter dinamic - este necesară adaptarea lor permanentă la noile situații concrete. Cunoștințele locale și, mai ales regulile empirice de aplicare a lor la situații dinamice reprezintă expertiza personală (*mētisul*), activul valoros al oricărui specialist.

Însă aceste cunoștințe înțelese de-a lungul vremii, din experiență nu pot fi captate integral și nici mimate pe deplin de sistemele expert, fie ele hibride (fuzzy). Ucenicia la locul de muncă are o valoare inestimabilă, iar omul este responsabil de deciziile luate. Prin urmare, sistemul expert nu poate lua locul expertului însuși, ci doar să-l degreveze pe acesta de deciziile rutiniere, potrivit principiului 80/20 (sau Pareto).

Deciziile cu caracter înalt creativ, ce trebuie luate rapid în contexte dinamice țin de așa numitul *gut-feeling* (fler, intuiție) care diferențiază managerii/expertii de top de ceilalți.

Calitățile spirituale și cele sufletești inerente marilor decizii sunt specifice omului și sunt imposibil de transmis creațiilor de inteligență artificială.

În ceea ce privește **anvergura sistemului propus în prezenta teză, acesta este unul de dimensiuni reduse**, având implementate 25 reguli și care a necesitat o cantitate de muncă de ordinul luni-persoană. De asemenea softul de dezvoltare – Fuzy Lite 3.1 (©Juan Rada-Vilela) a S.E.F. a fost folosit în scop academic și nu a implicat cheltuieli. Aspectul important este că acest **sistem se poate generaliza** pentru controlul stocului **oricărui tip de produs**

finit, cu modificări și completări ce țin mai ales de **captarea expertizei specialistului uman** în gestiunea stocului respectiv.

4.1.1 Diseminarea rezultatelor

A - Lucrări științifice publicate și indexate:

1. Stoia, C.L. (2013), „*A Study Regarding the Use of Expert Systems in Economics Field*”, *Procedia Economics and Finance*, Volume 6, 2013, pp. 385–391, doi:10.1016/S2212-5671(13)00152-4;
2. Stoia, C.L. (2014), „*An Analysis Regarding the Possibility of Using Fuzzy Logic in Inventory management*”, *ACTA Universitatis Cibiniensis–Technical Series Vol. LXIV No 1* 2014, DOI: 10.2478/aucts-2014-0014, DE GRUYTER OPEN;
3. Stoia, C.L. and Achim, I.M. (2015), „*A synthesis regarding the application of Expert Systems in Inventory management*”, *2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 17-19 March 2015, Seville*, pp. 2382 – 2387, DOI: 10.1109/ICIT.2015.7125449;
4. Stoia, C.L. and Achim, I.M., „*A Guide to Use Expert Systems in Inventory Management*”, *in press*, *Polish Journal of Management Studies*, 2015, indexat SCOPUS.

4.2 Contribuții proprii

În prezentarea contribuțiilor originale, am urmărit cele patru aspecte importante ale structurii prezentei teze, astfel:

- **Definirea problemei de cercetat** - la nivel general fiind vorba de o problemă de decizie, iar la nivel particular de o problemă de planificare+control+regularizarea producției după cerere, în vederea optimizării stocurilor de produse finite. Managementul stocului are ca țintă optimizarea stocului, într-un sens larg, inclusiv prin echilibrarea intereselor divergente privind nivelul stocului dintr-o organizație.
- **Metodologia (designul cercetării)** - am elaborat și demonstrat cele patru ipoteze de cercetare care au stat la baza modelului propus. Prin metodele utilizate: investigarea literaturii de specialitate, analiza și sinteza cazurilor de aplicare am identificat punctele forte și slăbiciunile modelelor relevante existente în vederea construirii unui model îmbunătățit.

- **Proiectarea modelului original** – am reușit să identific analogia dintre o problemă clasică de control fuzzy - stabilizarea unui pendul invers, rezolvată în 1989 de profesorul Takeshi Yamakawa prin utilizarea a șapte reguli fuzzy de tip dacă-atunci și problema controlului stocului de produse finite prin utilizarea ca variabilă manipulată a prețului de vânzare, variabila controlată fiind STOCUL_ACTUAL, care trebuie să se potrivească STOCULUI_ȚINTĂ (nivelul comenzii/lotului prognozat pe baza unui model probabilistic al stocului cu o unică comandă, cererea fiind distribuită uniform/rectangular).

Am combinat/integrat modelul dinamic al cererii și ofertei propus de Whelan, J. & Msefer, K. (1996, p. 20) și modelul prezentat în cadrul Guided Study Program in System Dynamics al MIT (1999, p. 4) și le-am **adaptat** în scopul construirii unui model de simulare în vederea folosirii pentru testarea sistemului expert fuzzy propus.

Adaptarea proprie a celor două modele a constat în:

- a) Am modelat variabila *Programare producție la PREȚ* cu o funcție-grafic pentru *fundamentarea economică a variației prețului de vânzare* în vederea utilizării acestuia ca instrument de *regularizare a stocului* (optimizare);
 - b) Am formulat diferit STOCUL_OPTIM, ca fiind produsul dintre *cerere* și *nivelul servirii clienților* (ex. 98%);
 - c) Am modelat *cererea normală* din modelul MIT: inițial fiind *constantă*, am substituit-o cu funcția *RANDOM()* corespunzător unei *distribuții uniforme/rectangulare* cu limitele minim și maxim cunoscute;
 - d) Am dezvoltat modelul într-un al treilea soft - PowerSim 2.51; modelele de inspirație fiind construite în softurile STELLA, respectiv VENSIM;
 - e) Am inițializat simularea cu datele corespunzătoare sistemului expert fuzzy propus în vederea testării.
- **Testarea modelului** - am realizat-o prin:
 - a) patru studii de caz a patru preparate din carne produse și cu desfacere asigurată în cadrul lanțului valoric integrat al S.C Transeuro Grup Ighiu (fondată 1991), un important procesator pe piața regională și națională, și
 - b) prin simularea în abordarea tehnicilor Forrester/dinamica industrială am demonstrat eficiența economică a implementării S.E.F. propus.

4.3 Propuneri

Propun continuarea cercetărilor noastre pe două direcții, având în vedere unitatea și continuitatea cercetării, astfel:

- **Calea intensivă** - privind studiul aprofundat al metodelor hibride de reprezentare a cunoștințelor pentru aplicarea la tehnologia sistemelor expert, fie ele sisteme cât și shell-uri pentru construirea S.E.

A. Partea teoretică: Reprezentarea prin metoda logicii fuzzy a ajuns la un stadiu atât de avansat, încât se procesează propoziții complexe, nu doar cuvinte. Este vorba de implementarea nivelului 2 al C.W. - Computing with Words. Curiozitatea ne îndeamnă să aflăm stadiul de dezvoltare a acestui domeniu de *soft computing* (care include și rețelele neuronale artificiale și algoritmi genetici), adică dacă a ajuns la stadiul de știință, sau doar la nivelul consensului cu privire la principiile de aplicare.

B. Partea aplicativă: Aplicația cea mai relevantă pentru domeniul stocurilor din perspectiva abordată în prezenta teză, **controlul difuz (fuzzy)** a ajuns, de asemenea, la **nivelul 2**. Este interesant de studiat ce îmbunătățiri și facilități pot oferi aceste sisteme de control fuzzy de nivel superior în managementul stocurilor.

- **Calea extensivă de cercetare** - referitoare la studierea principiilor de îmbinare a sistemelor expert cu programarea convențională. Beneficiul acestei căi ar putea fi dezvoltarea unei *interfețe grafice mai prietenoase* și adăugarea unui *modul explicativ* sistemului expert fuzzy pentru gestiunea stocurilor de produse finite propus în prezenta teză de doctorat.

Bibliografie

1. Achim, M.I., Popescu T., Kadar, M. și Muntean, M. (2013), „*Developing engineering students' creative thinking across the curriculum. A case study of Romanian university students*”, *Procedia - Social and Behavioral Science*, Volume 83, pp. 112 – 116;
2. Bălan, C. (2006), *Logistica*, Uranus, București;
3. Buckingham, M. and Coffman C. (1999), *First Break All the Rules: What the World's Greatest Managers Do Differently*, The Gallup Organization; trad. de Florin Slapac și Gabriela Inea, *Manager contra curentului: Ce fac marii manageri, altfel decât ceilalți*. Ed. a 2-a, rev., ALLFA, București, 2005;
4. Chitale, A.K. and Gupta, R.C. (2011), *Materials Management: Text and Cases. Second Edition*, PHI Learning Private Limited, New-Delhi;
5. Christina, T.S. (2004), *System Dynamics Model as a Decision Support Tool for Inventory Management Improvement: A case study in General Electric Advanced Materials, Plastics, Lexan® Resin Plant*, Thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Science, Delft University of Technology, teză disponibilă la:
http://www.tbm.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/TBM/Over_de_Faculteit/Afdelingen/Afdeling_Infrastructure_Systems_and_Services/Sectie_Energie_en_Industrie/Afstuderen/Jaaroverzichten/2004/doc/T.S.Christina.pdf;
6. Coyle, J.J. et al., *The Management of Business Logistics 6th edition*, West Publishing Company, 2003;
7. Davis, R. (1982), „Expert Systems: Where are we? And Where Do we go from here?”, A.I. Memo No. 665, M.I.T., URL: <ftp://publications.ai.mit.edu/ai-publications/pdf/AIM-665.pdf> [Accesat la data de 12 octombrie 2015];
8. Dennet, D.C. (2006), *Tipuri mentale : o încercare de înțelegere a conștiinței*, Ed. a II-a, Humanitas, București;
9. Dillon, S.M. (1998), „*Descriptive decision making: Comparing theory with practice*”, URL:
http://www.researchgate.net/publication/228586220_Descriptive_decision_making_Comparing_theory_with_practice [Accesat la 10 octombrie 2015];



-
10. Drucker, P. (2006), *Despre profesia de manager*, Meteor Press, București;
 11. Dubois, D. and Prade, H. (1978), *Fuzzy real algebra: Some result*, Fuzzy sets and systems, Vol. 2, pp. 327-348.
 12. Dziřac, I. and Bărbat, B.E. (2009) „Artificial Intelligence+Distributed Systems = Agents”, *IJCCC, IV, 1*, pp. 17-26;
 13. Estep, J. A. (1998), „The Right Service At The Right Price: Your Competitive Edge”, *Inc Magazine Growing Your Manufacturing Company Conference*, Phoenix, AZ, May 1998;
 14. Estep, J. A. (2012), „APICS Executive Briefing: Demand Forecasting & Inventory Planning for Manufacturers & Distributors”, URL: http://apics-pdx.org/images/downloads/PDM/pdm_sept2012_demandforecasting_and_inventoryplanning.pdf [Accesat la data de 3 iunie 2014];
 15. Feigenbaum, E.A., McCorduck, P. and Nii, H.P. (1988), *The Rise of The Expert Company: How Visionary Businesses are Using Intelligent Computers to Achieve Higher Productivity and Profits*, URL: <https://saltworks.stanford.edu/assets/qf857qc1720.pdf> [Accesat la data de 7 ianuarie 2015];
 16. Foreword by Deepak Advani (2012), URL: <http://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9780132884389/samplepages/0132884380.pdf>; p. xv [Accesat la data de 1 februarie 2013];
 17. Foreword by Sussman, G.J. (n.d.), URL: <http://www.ccs.neu.edu/home/matthias/BTLS/foreword.html> [Accesat la data de 20 octombrie 2015];
 18. Frank, P.H. (2015), *M-am săturat să fiu prost: incursiune în gândirea critică pentru oameni de afaceri și nu numai*, Humanitas, București;
 19. Guiffrida, A.L. (2009), „Fuzzy Inventory Models”, în: Jaber, M.Y. (ed.), *Inventory Management: Non-Classical Views [Chapter 8]*, CRC Press, FL, Boca Raton, 2010, pp. 173-190, URL: http://www.researchgate.net/publication/259751254_Fuzzy_Inventory_Models [Accesat la data de 11 octombrie 2015];



-
20. Helmann, M. (2001), „Fuzzy Logic Introduction”, URL:
<http://www.ece.uic.edu/~cpress/ref/2001-Hellmann%20fuzzyLogic%20Introduction.pdf> [Accesat la data de 15 octombrie 2015];
 21. Hevner, A. R., March, S.T., Park, P., and Ram, S. (2004), „Design Science in Information Systems Research”, MIS Quarterly, 28(1), pp. 75-105;
 22. Ionescu, N. (1931), „Paradoxul economiei românești”, Cuvântul, 16 octombrie 1931, articol publicat în cartea *Drumurile destinului românesc*, Vremea, București, 2011;
 23. Isaacson, W. (2012), *Steve Jobs (biografia autorizată)*, Publica, București;
 24. Isoc, D. (2012), *Ghid de acțiune contra plagiatului: buna-conduită, prevenire, combatere*, Ecou Transilvan, Cluj-Napoca;
 25. Jacobs, F.R. and Chase, R. (2013), „Inventory Management, Chapter 11” from „Operations and Supply Chain Management: The Core, third ed.”, URL:
http://highered.mcgrawhill.com/sites/dl/free/0073525235/940447/jacobs3e_sample_ch11.pdf [Accesat la data de 5 aprilie 2014];
 26. Jayasinghe Arachchig, J. (2013), „A unified modeling framework for service design”, URL: <https://pure.uvt.nl/portal/files/1509885/Jeewanie-Manuscript-Final.pdf>; [Accesat la data de 19 septembrie 2015];
 27. Jensen P.A. & Bard J.F. (2003), Operations Research Models and Methods (Website), URL:
<http://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/supplements/units/inventory/inventory.pdf> [Accesat la data de 26 august 2015];
 28. Johnston, F.R., Boylan, J.E. and Shale, E.A. (2003), „An examination of the size of orders from customers, their characterisation and the implications for inventory control of slow moving items”, Journal of the Operational Research Society, 54, pp. 833–837;
 29. Juan Rada-Vilela (2014), Fuzzylite: a fuzzy logic control library, URL:
<http://www.fuzzylite.com> [Accesat la data de 7 ianuarie 2014];
 30. Kim, C.O., Jun, J., Baek, J.K., Smith, R.L. and Kim, Y.D. (2005), „Adaptive inventory control models for supply chain management”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, vol. 26: 1184-1192;



-
31. King, P.L. (2011), „*Crack the Code: Understanding safety stock and mastering its equations*”, APICS magazine, July/August 2011, URL: [http://media.apics.org/omnow/Crack the Code.pdf](http://media.apics.org/omnow/Crack%20the%20Code.pdf) [Accesat la data de 8 iunie 2014];
 32. Kotler, Ph. (1973), „*The Major Tasks of Marketing Management*”, Journal of Marketing, Vol. 37, 1973, pp. 42-49;
 33. Levy, D. (1994), „*Chaos Theory and Strategy: Theory, Application, and Managerial Implications*”, Strategic Management Journal, Vol. 15, pp.167-178;
 34. Lieberman, B.A. (2012), Requirements for rule engines: Capture and communication of complex business rules, IBM developerWorks®, URL: <http://www.ibm.com/developerworks/library/os-rulesengines/os-rulesengines-pdf.pdf> [Accesat la data de 10 februarie 2014];
 35. Lim, J., *A Simulation Model for Logistical Performance Improvements: A case of Meneba Meel Weert for the Presco Feed Line*, TPM Faculty, TU Delft, 2002;
 36. Mouton, D. și Paris, G. *Pratique du merchandising. Espace de vente. Offre produits. Communication sur le lieu de vente*. Paris: Dunod, 2007; traducere de Eliza Galan: *Practica merchandisingului: Spațiul de vânzări. Oferta de produse. Comunicare la locul de vânzare*, Polirom, Iași, 2009;
 37. Nagayama, K. and Weill, P. (2004), „Seven Eleven Japan: Reinventing the Retail Business Model”, CISR Working Paper No. 338 and MIT Sloan WP No. 4485-04, URL: <http://intranet.weatherhead.case.edu/orientation/documents/7-elevencasestudy.pdf> [Accesat la data de 10 octombrie 2014];
 38. Narahari Y., Raju, C.V.L., Ravikumar, K. and Sourabh Shah (2005), „Dynamic pricing models for electronic business”, URL: <http://www.ias.ac.in/sadhana/Pdf2005AprJun/Pe1337.pdf> [Accesat la data de 26 octombrie 2015];
 39. Negnevitsky, M. (2004), *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems. Second Edition*, Addison Wesley Pub Co Inc, Harlow;
 40. Newman, W. (2013), „SCOR 11 goes closed-loop with new release ”, URL: <http://searchmanufacturingerp.techtarget.com/feature/SCOR-11-goes-closed-loop-with-new-release> [Accesat la 18 octombrie 2015];

-
41. Noran, O.S. (2003), „The evolution of Expert Systems”, School of Computing and Information Technology, Griffith University, URL:
<http://www.ict.griffith.edu.au/noran/Docs/ES-Evolution.pdf>, [Accesat la data de 6 decembrie 2012];
 42. Oprean, C., Kifor, C., Negulescu, S., Bărbat, B. (2010) „Paradigm shift in engineering education. More time is needed.”, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2, pp. 3580–3585;
 43. Parekh, S., Lee, J. and Kozman, T.A. (2008), „A decision support system for inventory management”, URL:
<http://www.swdsi.org/swdsi08/paper/SWDSI%20Proceedings%20Paper%20S206.pdf> [Accesat la data de 3 iunie 2014];
 44. Passino, K.M., & Yurkovich, S. (1997), *Fuzzy Control*, Pearson Education, Prentice Hall Collection, Upper Saddle River;
 45. Porter, M.E. (2008), „*The Five Competitive Forces that Shape Strategy*”, Harvard Business Review, pp. 23-41;
 46. Rațiu-Suciu, C., Luban, F., Hincu, D. și Ene, N. (f.d.), „*Modelarea și simularea proceselor economice-Sinteză, capitolul X*, curs electronic ASE București, URL:
<http://www.biblioteca-digitala.ase.ro/biblioteca/carte2.asp?id=70&idb=> [Accesat la data de 5 februarie 2014];
 47. Relph, G. and Milner, C. (2015), „Introduction to Inventory Management”, URL:
<http://wordpress.ngmdev.com/im31/wp-content/uploads/2015/05/Inventory-Management-Advanced-Methods-sample-chapter.pdf> [Accesat la data de 1 iunie 2015];
 48. Relph, G., Brzeski, W. and Bradbear, G. (2002), „The First Steps to Inventory Management”, URL: http://www.inventorymatters.co.uk/wp-content/uploads/2015/04/the_first_steps_to_inventory_management.pdf [Accesat la data de 1 iunie 2015];
 49. Romanycia, M. and Pelletier, F. (1985), „What is a heuristic ? ”, URL:
<http://www.sfu.ca/~jeffpell/papers/RomanyciaPelletierHeuristics85.pdf> [Accesat la data de 10 ianuarie 2014];



-
50. Roy, R.N. (2005), *A Modern Approach to Operations Management*, New Age International (P) Limited Publishers, New Delhi;
51. Rybina, G. and Rybin, V. (2005), „Static and Dynamic Integrated Expert Systems: State of the Art, Problems and Trends”, *URL: <http://www.foibg.com/ijita/vol12/ijita12-3-p01.pdf>* [Accesat la data de 12 octombrie 2015];
52. Rybina, G.V. (2002), „Integrated Expert Systems: State of the Art, Problems, and Trends”, *Izv. Ross. Akad. Nauk, Teor. Sist. Upr.*, 2002, no. 5.
53. Sahin, S., Tolun, M.R. and Hassanpour, R. (2012), „Hybrid expert systems: A survey of current approaches and applications”, *Expert Systems with Applications* 39 (2012), pp. 4609-4617;
54. Scott, J.C. (1998), *Seeing like a state: How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*, Yale University Press, New Haven and London; traducere de Alina Pelea: *În numele statului: modele eșuate de îmbunătățire a condiției umane*, Polirom, Iași, 2007;
55. Shiau, W.L. (2011), „A profile of information systems research published in expert systems with applications from 1995 to 2008”, *Expert Systems with Applications* 38 (2011), pp. 3999-4005;
56. Smith R.G (1985), *URL: http://www.reidgsmith.com/Knowledge-Based_Systems_-_Concepts_Techniques_Examples_08-May-1985.pdf*, [Accesat la data de 4 aprilie 2014];
57. Solcan, M.R. (2005), „Managementul informației”, *URL: http://www.ub-filosofie.ro/~solcan/minf/d06_07/minf.pdf* [Accesat la data de 12 februarie 2013];
58. Stoia, C.L. (2013), „A Study Regarding the Use of Expert Systems in Economics Field”, *Procedia Economics and Finance*, Volume 6, 2013, pp. 385–391;
59. Stoia, C.L. (2014), „An Analysis Regarding the Possibility of Using Fuzzy Logic in Inventory management”, *ACTA Universitatis Cibiniensis–Technical Series*, Vol. LXIV, No 1, 2014, *URL: <http://www.degruyter.com/view/j/aucts.2014.64.issue-1/aucts-2014-0014/aucts-2014-0014.xml>* [Accesat la data de 19 mai 2015];
60. Stoia, C.L. and Achim, I.M., „A Guide to Use Expert Systems in Inventory Management”, *in press*, *Polish Journal of Management Studies*, 2015;

-
61. Stoia, C.L. and Achim, I.M. (2015), „A synthesis regarding the application of Expert Systems in Inventory management”, *2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 17-19 March 2015, Seville, pp. 2382 – 2387*;
 62. Streithorst, T. (2013), „Post-Scarcity Economics”, URL: <https://lareviewofbooks.org/essay/post-scarcity-economics> [Accesat la data de 12 iulie 2013];
 63. Supasansanee, L. și Kasiphongphaisan, P. (2009), „Logistics Management in Retail Industry: A case study of 7-Eleven in Thailand”, Master Thesis, JÖNKÖPING UNIVERSITY, URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:226656/fulltext01> [Accesat la data de 12 iulie 2014];
 64. Supply-Chain Council (2002), *Supply chain operations reference-model – version 5.0*, Tech. rep., Pittsburgh;
 65. Supply-Chain Council (2007b), *Supply-Chain Operations Reference-model. SCOR Overview. Version 8.0*, Tech. rep., Pittsburgh, <http://www.supply-chain.org/page.wv?name=SCOR+8.0+Model+Download§ion=SCOR+Model>, date: July, 19th 2007;
 66. Sürie, C.; Wagner, M. (2008), „Supply chain analysis”, in: Stadler, H. and Kilger, C. (Eds.), *Supply Chain Management and Advanced Planning*, Springer, 4th ed., pp. 37–63;
 67. Swain, D.B. (n.d.), *Supplier Selection in Risk Consideration: A Fuzzy Based TOPSIS Approach*, Bachelor of Technology Thesis at National Institute of Technology Rourkela, URL: <http://ethesis.nitrkl.ac.in/5870/1/E-69.pdf> [Accesat la data de 10 aprilie 2014];
 68. Swanson, C.V. and Thorsten, A.C. (1971), „A System Dynamics Design and Implementation of Inventory Policies”, Working Paper, Alfred P. Sloan School of Management, M.I.T. , URL: <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/49164/systemdynamicsim00swan.pdf?sequence=1>, [Accesat la data de 4 aprilie 2014];
 69. Teodorescu, H.N. și Zbancioc, M. (2003), „The dynamics of fuzzy decision loops with application to models in economy”, *Memoriile Secțiilor Științifice ale Academiei Române MAR Tome XXVI (2003)*, pp. 301-317;



-
70. Teodorescu, H.N. și Zbancioc, M. (2005), „Two fuzzy economic models with nonlinear dynamics”, *URL: http://www.acad.ro/sectii2002/proceedings/doc_2005_1/11Teodorescu.pdf* [Accesat la data de 26 octombrie 2015];
71. Wagner, M. (2008), „Demand Planning”, în: Stadler, H. and Kilger, C. (Eds.), *Supply Chain Management and Advanced Planning*, Springer, 4th ed., pp. 139-157;
72. Whelan, J. & Msefer, K. (1996), „Economic Supply & Demand”, D-4388 Paper prepared for the MIT System Dynamics in Education Project Under the Supervision of Professor Jay W. Forrester, January 14, 1996, *URL: <http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/readings/economics.pdf>* [Accesat la data de 6 octombrie 2014];
73. Zadeh, L. (2010, updated 2011), „Computing with Words-Principal Concepts and Ideas”, *URL: <http://www.cs.berkeley.edu/~zadeh/presentations%202010/CW--Principal%20Concepts%20and%20Ideas-updated%20Jan%202021%202011.pdf>* [Accesat la data de 15 septembrie 2015];
74. Zadeh, L.A. (1965), „Fuzzy sets”, *Information and Control*, Vol. 8, 1965, pp. 338-353;
75. Zadeh, L.A. (2008), „Is there a need for fuzzy logic?”, *Information Sciences* 178, 2008, pp. 2751-2779;
76. Ziukov, S. (2015), „A Literature Review on Models of Inventory Management Under Uncertainty”, ISSN 2029-8234 (online) *VERSLO SISTEMOS ir EKONOMIKA BUSINESS SYSTEMS and ECONOMICS*, Vol. 5 (1), 2015, *URL: https://www.mruni.eu/lt/mokslo_darbai/vse/paskutinis_numeris/dwn.php?id=390700* [Accesat la data de 11 octombrie 2015];
77. ***, „Research Briefings (1986): Report of the Research Briefing Panel on Decision Making and Problem Solving”, *URL: <http://www.nap.edu/read/911/chapter/3#19>* [Accesat la data de 10 mai 2014];
78. ***, „White Paper on Rules, Prolog and Logic Server Technology” (n.d.), *URL: <http://www.amzi.com/manuals/amzi/articles/prolog.htm>*, [Accesat la data de 3 octombrie 2013];



-
79. ***Ghidului solicitantului (2015)/Submăsura 4.1 Investiții în exploatații agricole, URL: <http://files.finantare.ro/2015/pndr-ghid-submasura4.1-exploatatii-agricole-martie2015.pdf> [Accesat la data de 1 iulie 2015];
80. ***Guided Study Program in System Dynamics (1999), D-5012-1, M.I.T, URL: <http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/assignments/soln28.pdf> [Accesat la data de 2 septembrie 2015];
81. *** z-score definition, URL: <http://www.investopedia.com/terms/z/zscore.asp> [Accesat la data: 11 august 2015];
82. ***Knowledge Partners International, LLC (2011), „A Primer on the Decision Model”, URL: <http://www.kpiusa.com/index.php/category/10-free-download.html?download=34>, [Accesat la data de 7 ianuarie 2014];
83. ***Managementul stocurilor-definiție, URL: <http://www.investopedia.com/terms/i/inventory-management.asp> [Accesat la data de 20 august 2014];
84. ***SYSPRO (2011), „Inventory Optimization For Better Supply Chain Management”, White Paper, URL: http://www.syspro.com/resources/whitepapers/Inventory_optimization_whitepaper.pdf [Accesat la data de 26 iunie 2015];