



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE ȘTIINȚE ECONOMICE ȘI GESTIUNEA AFACERILOR
CATEDRA DE INFORMATICĂ ECONOMICĂ



**CONTRIBUȚII PRIVIND GESTIUNEA
RESURSELOR ÎN SISTEME COLABORATIVE
- Rezumat -**

Conducător științific

Prof. Univ. Dr. Nicolae Tomai

Doctorand

Cristina – Maria Ștefanache

Cluj-Napoca
2011

„Cercetătorul este omul practic,
aventurierul, iscoditorul,
cel care crede în cercetare,
cel care pune întrebări,
cel care refuză să creadă că
a fost atinsă perfecțiunea”

(Henry R. Harrover)

Abstract

În sisteme colaborative descentralizate, una din principalele provocări apare în cazul tranzacționării serviciilor, deoarece pentru construirea unui mecanism eficient, proiectantul trebuie să trateze obiectivele și politicile diferite ale diverșilor consumatori și furnizori, respectiv lipsa autorității centrale care coordonează interacțiunile dintre participanți. Licitările sunt mecanisme economice adecvate pentru a rezolva aceste probleme generate de lipsa de structură, datorită proprietăților de eficiență pe care le dețin, însă în asemenea medii descentralizate, stabilirea unei monede virtuale pentru a exprima prețul serviciului ridică de asemenea dificultăți. Cercetarea de față propune un mecanism colaborativ de tip *licitație calitativă engleză (LCE)* pentru a automatiza procesul de tranzacționare eficientă a serviciilor, regulile mecanismului oferind stimulente indivizilor pentru a participa în sistem și a colabora, respectiv asigură echitatea socială. Prin aproximarea licitației calitative dezvoltate, cu minim de informație dezvăluită, vom demonstra că și într-un mediu cu utilități netransferabile (fără preț) se obține un rezultat optim al mecanismului, care este Pareto eficient.

Cuvinte cheie: *sisteme colaborative descentralizate, alocare resurse, procurare servicii, proiectarea mecanismelor economice, Teoria Jocurilor, modele de piață, Microeconomie, agenți inteligenți, strategii, licitație calitativă engleză (LCE)*

Cuprins

INTRODUCERE	5
i. Motivația cercetării	5
ii. Procesul de colaborare în sisteme descentralizate	6
iii. Problema procurării serviciilor în sisteme descentralizate	7
iv. Obiective propuse	7
v. Organizarea tezei	8
Capitolul 1. Alocarea resurselor și tranzacționarea serviciilor în sisteme descentralizate.....	11
Capitolul 2. Principiile proiectării mecanismelor economice colaborative	13
Capitolul 3. Comportament strategic în mecanismul colaborativ de procurare a unui serviciu	16
Capitolul 4. Cadrul metodologic pentru evaluarea soluției colaborative	19
Capitolul 5. Proiectarea mecanismului colaborativ cantitativ pentru procurarea unui serviciu.....	20
Capitolul 6. Proiectarea mecanismului colaborativ calitativ pentru procurarea unui serviciu.....	23
CONCLUZII	27
i. Contribuții realizate	28
ii. Diseminarea rezultatelor	29
iii. Direcții viitoare de cercetare.....	30
Bibliografie generală.....	31

INTRODUCERE

i. Motivația cercetării

În contextul Globalizării și datorită noilor tendințe existente în domeniul Internet, incluzând rețelele Peer-to-Peer [1], Grid [2], rețele ad-hoc utilizate pentru scenarii de management ale dezastrelor sau corporații restructurate sub forma organizațiilor virtuale [3], câștigă tot mai mult popularitate sistemele computaționale descentralizate, unde resursele sunt distribuite geografic, depășind astfel barierele organizaționale.

Construirea unui mecanism colaborativ eficient pentru alocarea resurselor și tranzacționarea serviciilor în astfel de sisteme, reprezintă încă o sarcină provocatoare și complexă pentru proiectantul, care trebuie să trateze obiectivele și politicile diverse ale diferiților furnizori și consumatori de resurse și servicii, aceștia fiind interesați de obținerea unei satisfacții individuale cât mai mari. Astfel, mecanismul de tranzacționare trebuie să ofere stimulentele necesare participanților pentru a adera la sistemul descentralizat și a colabora. Stimulentele, în acest caz, derivă din încrederea indivizilor privind echitatea socială asigurată de protocolul de interacțiune oferit, aceștia estimând că vor obține beneficii mai mari în urma aderării la mecanism și a colaborării cu alți participanți, decât dacă ar fi acționat exclusiv pe cont propriu.

Ne confruntăm cu o dualitate *colaborare – competiție*, care coexistă într-un sistem descentralizat, pe de o parte participanții colaborează pentru a obține o anumită resursă sau serviciu, iar pe de altă parte sunt competitivi, fiind interesați de maximizarea satisfacției individuale. Un model colaborativ eficient trebuie să trateze ambele aspecte: să asigure comunicarea optimă între toți participanții și să ofere pârghii pentru individul care deține serviciul sau resursa pentru a induce competiție între cei care negociază și urmăresc maximizarea utilității individuale. În acest context, jocul dual, colaborativ și competitiv în același timp, indus de mecanism, generează o distribuție echitabilă pentru toți participanții și asigură obținerea unor soluții Pareto eficiente.

În cercetarea de față, obiectivul nostru fundamental este de a adresa problema procurării unui serviciu într-un sistem descentralizat, pornind de la dificultățile sau lacunele existente în prezent și să construim pas cu pas un mecanism colaborativ automat pentru a soluționa în mod eficient această problemă. Studiul realizat se caracterizează printr-un grad înalt de

interdisciplinaritate, obiectivele propuse fiind tratate prin prisma a trei domenii sau axe majore:

1. *Inteligență Artificială* (sisteme descentralizate, agenți inteligenți, tehnici inteligenți de căutare);
2. *Microeconomie* (utilități, preferințe, bunăstare socială, modele de piață);
3. *Teoria Jocurilor și Design-ul de Mecanisme* (jocuri cu informație incompletă, comportament strategic, echilibru Nash, optimalitate Pareto).

În continuare, oferim pe scurt o motivație pentru existența dualității în sisteme descentralizate, urmând să definim problema procurării unui serviciu și obiectivele detaliate în cadrul cercetării.

ii. Procesul de colaborare în sisteme descentralizate

În medii descentralizate, cum ar fi cele P2P [1], principala dificultate constă în motivarea pasagerilor clandestini de a contribui cu resurse sau servicii în sistem, pentru a *colabora* astfel cu ceilalți membri existenți. Peer-ii pot fi văzuți ca agenți inteligenți, caracterizați prin raționalitate individuală și egoism, care urmăresc realizarea obiectivelor și strategiilor proprii, prin interacțiunea lor rezultând un *sistem multi-agent* (engl. *MAS – Multi-Agent System*) [11].

Atributul de inteligență joacă un rol esențial în contextul *competiției* induse între indivizii care negociază pentru același serviciu sau aceeași resursă, rezultatul colaborării generând soluții Pareto optimale [25] și utilități individuale care respectă principiile de echitate socială.

Procesul de colaborare [13] într-un sistem descentralizat se bazează pe ideea că participanții din societate, consumatori și furnizori, îndeplinesc cerințele de *comunicare*, *coordonare* și *cooperare* în vederea obținerii unui acord favorabil privind resursa sau serviciul supus tranzacției. Potrivit *modelului 3C de colaborare* [14], aceste elemente se detaliază după cum urmează:

- ❖ *Comunicarea*: se realizează prin intermediul unui protocol care reprezintă elementul fundamental al interacțiunii dintre participanți. Protocolul definește „regulile jocului” și condițiile impuse în cazul încălcării acestora;
- ❖ *Cooperarea*: se desfășoară prin intermediul ofertelor lansate de către participanți, pentru a îndeplini obiectivele finale ale mecanismului de tranzacționare: obținerea unor soluții Pareto eficiente și maximizarea bunăstării sociale la nivelul întregii societăți (criterii de eficiență fundamentale);
- ❖ *Coordonarea*: se definește prin acțiunile sau strategiile adoptate de către participanții din societate care sunt în competiție pentru a obține o anumită resursă sau serviciu.

Modelul colaborativ care se va dezvolta are ca principal subiect resursa sau serviciul supus tranzacției. În următoarea secțiune, definim problema procurării unui serviciu într-un sistem descentralizat.

iii. Problema procurării serviciilor în sisteme descentralizate

Serviciile reprezintă o noțiune abstractă, la fel cum sunt metodele în cadrul paradigmei orientate obiect [16], capacitatea agenților la nivel local de a executa sarcini. În viața reală întâlnim numeroase servicii necesare pentru indivizii din societate. Validarea la nivelul bazelor de date, predicții financiare, diagnostic medical, previziunea erorilor, sunt doar câteva exemple în care capacitatea unui agent este reprezentată de serviciile pe care le poate oferi altor membri care au nevoie de ele [17].

Vom considera servicii multidimensionale, caracterizate de mai multe atribute, precum: preț, calitate, timp de livrare sau factor de penalizare. Acest detaliu sporește complexitatea modelului de interacțiune care se va dezvolta pentru tranzacționarea lor, precum și a contractelor care se încheie între consumatorii și furnizorii de servicii.

În acest context, considerăm că mecanismul colaborativ automat pentru tranzacționarea serviciilor într-un sistem descentralizat trebuie să răspundă la următoarele întrebări fundamentale:

1. Ce stimulente se oferă furnizorilor și consumatorilor pentru a adera la mecanism?
2. Cum se asigură echitatea socială în cadrul sistemului descentralizat colaborativ?
3. Cum se realizează colaborarea între participanții la mecanism?
4. Care vor fi regulile protocolului prin care comunică participanții?
5. Ce comportamente strategice vor adopta participanții care sunt în competiție pentru același serviciu?

Toate aceste aspecte vor fi tratate pornind de la obiectivele concrete pe care ne-am propus să le atingem prin intermediul acestei lucrări.

iv. Obiective propuse

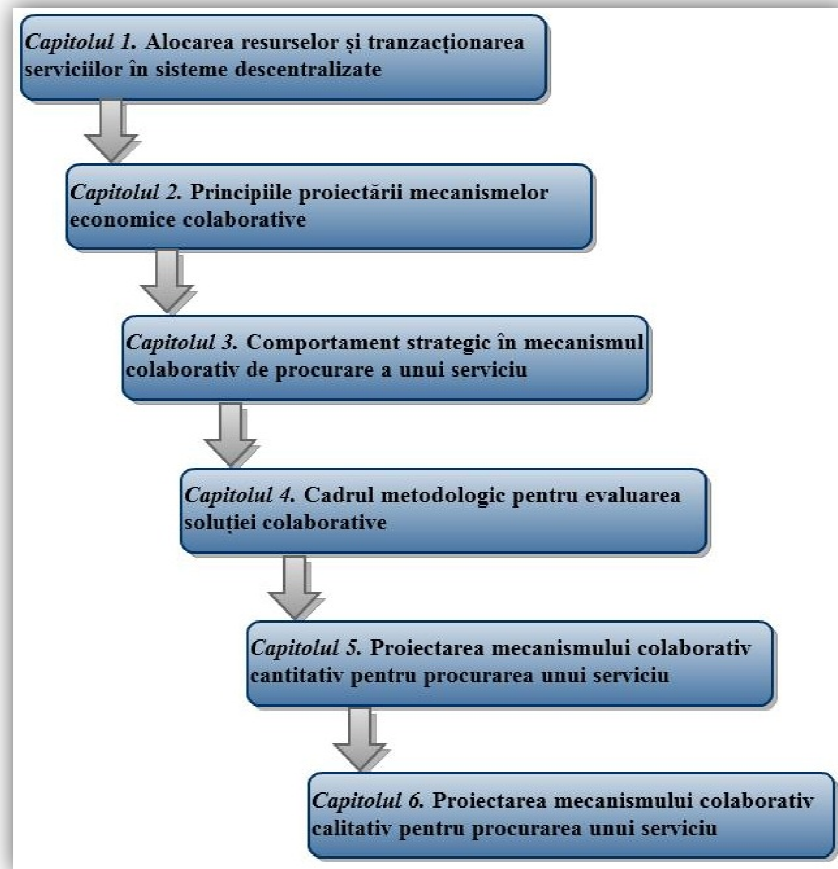
Principalul obiectiv propus este dezvoltarea unui mecanism colaborativ automat pentru tranzacționarea eficientă a serviciilor în sisteme descentralizate. Acest lucru presupune următoarele aspecte fundamentale:

- ❖ Identificarea lipsurilor existente în sisteme descentralizate privind realizarea colaborării automate în cazul procurării unui serviciu;
- ❖ Definierea problemei concrete privind tranzacționarea serviciilor;
- ❖ Identificarea cerințelor de eficiență care trebuie atinse prin intermediul modelului proiectat;
- ❖ Compararea diferitelor modele de piață din teoria microeconomică (în special licitații și negocieri) și analiza măsurii în care se potrivesc cu scenariul propus;
- ❖ Construirea regulilor protocolului de interacțiune astfel încât să ofere stimulente pentru colaborare și să asigure echitatea socială în cadrul comunității;
- ❖ Construirea strategiilor adoptate de participanții care sunt în competiție pentru același serviciu, astfel încât rezultatul mecanismului să îndeplinească cele două criterii de eficiență fundamentale: eficiența Pareto și bunăstarea socială generală.

v. Organizarea tezei

Cercetarea de față este structurată în 6 capitole majore, care prezintă problema procurării unui serviciu într-un sistem descentralizat apelând la o abordare deductivă, de la general la particular. Pornind de la dificultățile sau lipsurile întâmpinate în sisteme deschise (*Capitolul 1*) și considerând principiile generale de proiectare ale mecanismelor economice (*Capitolul 2*), am definit pas cu pas detaliile unui model concret pentru procurarea unui serviciu: comportamentul strategic al participanților în mecanism (*Capitolul 3*), cadrul metodologic în care se desfășoară interacțiunile (*Capitolul 4*), respectiv regulile celor două mecanisme proiectate: cantitativ (*Capitolul 5*), respectiv calitativ (*Capitolul 6*).

Organizarea tezei se poate vizualiza în figura de mai jos:



Capitolul 1. Capitolul debutează cu identificarea provocărilor actuale existente, urmând detalierea aspectelor privind colaborarea și competiția între participanți și definirea concretă a problemei procurării unui serviciu. În continuare, prezentăm principalele criterii de evaluare a eficienței unui model de tranzacționare, criteriile grupate de asemenea în două categorii: *colaborative* și *competitive*. Capitolul se încheie cu studierea unor modele din literatura de specialitate, dezvoltate pentru soluționarea problemei alocării resurselor sau serviciilor.

Capitolul 2. Descriem detaliat principalele elemente și notații, utilizate pentru a defini un mecanism economic colaborativ. Aceste notații sunt universal valabile în literatura de specialitate și le introducem cu scopul de a facilita înțelegerea problemei de proiectare a mecanismului economic colaborativ pentru tranzacționarea serviciilor, introdus în *Capitolul 1* al prezentei cercetări. De asemenea, prezentăm modelele de piață din teoria microeconomică (modele de licitație și negociere), pe care le considerăm potrivite pentru soluționarea acestei probleme în sisteme descentralizate.

Capitolul 3. Adresăm latura de competiție a sistemului descentralizat, generată de comportamentul strategic al agenților care doresc procurarea aceluiași serviciu. Colaborarea

se menține între toți membrii, însă comportamentul strategic induce dorința indivizilor de a-și maximiza și satisfacția individuală, asigurând totodată un rezultat al mecanismului care se înscrie în liniile principiilor de echitate socială. Prezentăm comparativ, dintr-o perspectivă proprie, diferite tehnici inteligente de căutare, punând accent pe avantajele și dezavantajele fiecăreia, respectiv descriem detaliat strategia proprie dezvoltată pentru a simula mecanismul calitativ formalizat în *Capitolul 6*.

Capitolul 4. Expunem cadrul metodologic utilizat pentru evaluarea soluției colaborative propuse. Prezentăm funcționalitățile inițiale oferite de mediul de negociere *GENIUS (General Environment for Negotiation with Intelligent multi-purpose Usage Simulation)*¹ și contribuția noastră, care rezidă din extinderea sistemului, mai precis a stratului de interacțiune, cu protocoale de negociere, care permit interacțiunea concurentă dintre mai mulți participanți din sistem.

Capitolul 5. Prezentăm modelul de proiectare a unui mecanism cantitativ automat pentru tranzacționarea eficientă a serviciilor, identificând totodată principalele cerințe care trebuie îndeplinite.

Capitolul 6. Propunem dezvoltarea unui mecanism calitativ de tip licitație engleză (*LCE*) pentru a modela problema procurării unui anumit serviciu, caracterizat de mai multe atribute precum: timpul de livrare, calitatea, durata estimată de utilizare sau factorul de penalizare. Prezentăm motivația optării pentru un mecanism calitativ, regulile definite pentru mecanism, precum și algoritmul pentru determinarea câștigătorului. De asemenea, descriem posibilitățile de aproximare a *LCE* prin intermediul unor protocoale concurente de negociere, pentru a elimina neajunsurile legate de revelarea informației. Capitolul se încheie cu detalierea rezultatelor obținute în urma simulărilor experimentale și interpretarea statisticilor, prin intermediul cărora am evaluat eficiența mecanismului proiectat.

¹ Mediul inteligent de negociere GENIUS [135] a fost studiat și ulterior extins, cu ocazia stagiului doctoral efectuat de autor la Universitatea Tehnică Delft, Olanda, Facultatea de Inginerie Electrică, Matematică și Știința Calculatoarelor, grupul Man-Machine Interaction, sub îndrumarea Prof. Dr. Catholijn M. Jonker: <http://mmi.tudelft.nl/negotiation/index.php/Genius>

Capitolul 1.

Alocarea resurselor și tranzacționarea serviciilor în sisteme descentralizate

În cadrul acestui capitol, adresăm în primul rând dualitatea *colaborare-competiție* existentă într-un sistem descentralizat, prin prisma dificultăților întâmpinate în construirea unui mecanism eficient de tranzacționare a resurselor sau serviciilor. Capitolul debutează cu identificarea provocărilor actuale existente, urmând detalierea aspectelor privind colaborarea și competiția între participanți și definirea concretă a problemei procurării unui serviciu. În continuare, prezentăm principalele criterii de evaluare a eficienței unui model de tranzacționare, criterii grupate de asemenea în două categorii: colaborative și competitive. Capitolul se încheie cu studierea unor modele din literatura de specialitate, dezvoltate pentru soluționarea problemei alocării resurselor sau serviciilor.

În sisteme computaționale descentralizate, modelul dezvoltat pentru tranzacționarea serviciilor trebuie să fie automat, pentru a face față fluxului mare de mesaje schimbate între participanți, precum și evoluției dinamice a mediului în ansamblu. Un alt aspect important vizează sporirea încrederii societății în echitatea socială oferită de mecanism, premisa de bază pentru atingerea cooperării în sistem.

Este un mediu unde există atât colaborare, cât și competiție: fiecare participant este interesat de maximizarea satisfacției individuale, iar optimul se obține prin maximizarea satisfacției globale a societății per ansamblu, rezultat al colaborării. Datorită lipsei unei autorități centrale, implementarea agenților inteligenți care au un grad înalt de autodeterminare, reprezintă o soluție viabilă pentru a face față provocărilor existente.

În acest capitol, am detaliat problema tranzacționării serviciilor, punctând principalele caracteristici ale acestora și, de asemenea, am evidențiat cerințele de eficiență pentru un potențial model dezvoltat. În continuare, am prezentat principalele concepte din domeniul *Teoriei Jocurilor*, prin care putem evalua eficiența unui model, respectiv compara două modele. Participanții își definesc anumite preferințe privind caracteristicile serviciului tranzacționat, iar criteriul fundamental pentru a cuantifica satisfacția lor în urma interacțiunii este utilitatea individuală. Principalul nostru scop este de a defini strategii pentru participanții

care interacționează, astfel încât soluția generată în urma mecanismului să fie Pareto eficientă.

În următorul capitol, urmează să disecăm problema procurării unui serviciu, introducând principalele elemente pentru proiectarea unui mecanism de tranzacționare. Aceste notații sunt universal valabile în literatura *Design-ului de Mecanisme*, însă le vom prezenta adaptat pentru cazul nostru concret.

Capitolul 2.

Principiile proiectării mecanismelor economice colaborative

Începând cu a doua jumătate a secolului XX, *Teoria Jocurilor* și *Design-ul de Mecanisme* au fost utilizate la scară largă în cazul diverselor aplicații colaborative din domeniul ingineriei. Acestea sunt considerate instrumente fundamentale pentru modelarea, analiza și soluționarea unor probleme de proiectare distribuită, implicând agenți autonomi care interacționează strategic într-o manieră rațională și inteligentă. *Design-ul de Mecanisme* se află la intersecția mai multor domenii precum: *Teoria Jocurilor*, *Microeconomie* sau *Inteligența Artificială*, acest domeniu fiind fundamentat de economiști precum *Leonid Hurwicz* [81], *Eric Maskin* [82] și *Roger Myerson* [83], care au obținut Premiul Nobel în Economie în anul 2007, pentru cercetările lor de mare actualitate și importanță [84]. În același context, un alt rezultat celebru soldat cu Premiul Nobel în anul 1996 se datorează cercetătorului *William Vickrey* pentru fundamentarea celebrei licitații care îi poartă numele [85].

Dintre aplicațiile colaborative fundamentale, în contextul sistemelor descentralizate, putem menționa [86]:

- ❖ problema achizițiilor publice în domeniul comerțului electronic între întreprinderi și diferiți furnizori;
- ❖ probleme de rutare în rețea cu pachete și routere interesate doar de obiectivele proprii;
- ❖ probleme de logistică implicând alocare de sarcini în cadrul mai multor companii de transport maritim necooperative;
- ❖ probleme de programare a timpului în cazul fluxului de zboruri din cadrul unui aeroport.

Aceste aplicații pot fi privite ca probleme distribuite de optimizare, unde există o funcție obiectiv, care depinde de informația privată deținută de fiecare participant din sistem. Un agent rațional, care este interesat exclusiv de maximizarea utilității lui individuale, acționează strategic și va dezvălui informație incompletă și uneori eronată despre obiectivele și preferințele proprii. Teoria *Design-ului de Mecanisme* se bazează tocmai pe acest cadru al jocurilor necooperative cu informație incompletă și studiază modul în care pot fi obținute

informațiile private de la participanți, pentru a asigura o colaborare eficientă în cadrul sistemului. Cu alte cuvinte, *Design-ul de Mecanisme* poate fi privit ca o *inginerie inversă* a *Teoriei Jocurilor* și presupune proiectarea regulilor jocului pentru a atinge un anumit obiectiv propus [84].

În continuare, prezentăm principalele elemente și notații, utilizate pentru a defini un mecanism economic colaborativ. Aceste notații sunt universal valabile în literatura de specialitate și le introducem cu scopul de a facilita înțelegerea problemei de proiectare a mecanismului economic colaborativ pentru tranzacționarea serviciilor, introdus în *Capitolul 1* al prezentei cercetări. De asemenea, detaliem modelele de piață din teoria microeconomică (modele de licitație și negocier), pe care le considerăm potrivite pentru soluționarea acestei probleme în sisteme descentralizate.

În acest capitol, am introdus principalele elemente pentru a construi un mecanism economic colaborativ și am descris modelele de piață care ar putea face față provocărilor întâmpinate în sisteme descentralizate.

Sintetizând *observațiile 2.1.-2.5.* specificate în această parte, reținem următoarele aspecte:

- ❖ Primul pas în conceperea unui mecanism economic colaborativ este *stabilirea funcției de alegere socială* corespunzătoare problemei de proiectare, care se va implementa prin intermediul mecanismului ales;
- ❖ Un mecanism economic adecvat trebuie să trateze două probleme esențiale: *agregarea preferințelor individuale*, respectiv *obținerea informației private reale* θ_i a fiecărui participant i (revelarea informației);
- ❖ În vederea obținerii tipurilor reale ale participanților, proiectantul de mecanisme economice poate apela la mecanisme *directe* sau *indirecte*;
- ❖ Mecanismele directe nu sunt potrivite în cazul nostru, deoarece, fiind un mediu unde există competiție, participanții nu își dezvăluie niciodată evaluarea reală privind serviciul;
- ❖ Cu toate acestea, sunt anumite mecanisme indirecte (licitații de tip Vickrey), care stimulează dezvăluirea valorii reale;
- ❖ Evaluarea eficienței unui mecanism se realizează în special prin intermediul eficienței Pareto.

Într-un sistem descentralizat cu mai mulți participanți competitivi, un model concurent de negociere între furnizorii și consumatorii de servicii poate fi o soluție viabilă, având în vedere comunicarea liberă și nestructurată, respectiv faptul că un actor poate avea pe rând rolul de furnizor și consumator de servicii. Protocolul alternant reprezintă o soluție flexibilă și ușor implementabilă pentru astfel de sisteme deschise.

De asemenea, se pot utiliza și modele de licitații care sunt mai structurate și mai bine fundamentate în literatura de specialitate, însă au un dezavantaj major: organizarea relativ centralizată, care impune necesitatea existenței unui licitant, acesta fiind un neajuns în astfel de sisteme deschise.

Ca o concluzie fundamentală, putem afirma că, dezvoltarea unui model hibrid între licitație și negociere care combină avantajele ambelor, ar fi potrivită pentru tranzacționarea serviciilor și ar asigura maximizarea satisfacției individuale a participanților, precum și obținerea unor soluții Pareto eficiente, asigurând astfel bunăstarea socială generală.

În următorul capitol al prezentei cercetări, adresăm latura de competiție a sistemului descentralizat, generată de comportamentul strategic al agenților care doresc procurarea aceluiași serviciu. Colaborarea se menține între toți membrii, însă comportamentul strategic induce dorința indivizilor de a-și maximiza și satisfacția individuală, asigurând totodată un rezultat al mecanismului care se înscrie în liniile principiilor de echitate socială.

Capitolul 3.

Comportament strategic în mecanismul colaborativ de procurare a unui serviciu

În *Capitolele 1 și 2* ale prezentei cercetări, am identificat principalele probleme care apar în dezvoltarea unui model colaborativ automat pentru tranzacția eficientă a serviciilor într-un sistem descentralizat și am prezentat detaliat principalele elemente utilizate pentru a construi un asemenea model.

Mecanismul economic colaborativ care se va dezvolta se compune din două părți esențiale:

- ❖ *Regulile mecanismului*: etapele de desfășurare și condițiile de terminare;
- ❖ *Strategiile* adoptate de către indivizii care participă la procurarea unui anumit serviciu.

Primul element definește latura colaborativă a sistemului descentralizat, comunicarea eficientă fiind asigurată prin intermediul protocolului de interacțiune. Conform celor prezentate în *Capitolul 2, subcapitolul 2.8*, modelele de licitație și negociere sunt cele mai potrivite mecanisme de piață pentru a face față naturii descentralizate a sistemului, datorită avantajelor dezirabile pe care le oferă privind regulile protocolului.

Comportamentul strategic al agenților inteligenți subliniază latura de competiție, specificând modul în care aceștia își formează următoarea ofertă pe care o vor lansa, în funcție de evaluarea privată privind serviciul, precum și alte informații obținute pe parcursul interacțiunii. Considerând dorința de a ajunge la un contract favorabil, precum și atributul de inteligență, agenții sunt interesați să își maximizeze satisfacția individuală, interacțiunea lor generând un rezultat al mecanismului care se încadrează în principiile de echitate socială.

Scopul fundamental al acestui capitol este de a prezenta comparativ, dintr-o perspectivă proprie, diferite tehnici inteligente de căutare, punând accent pe avantajele și dezavantajele fiecăreia, respectiv analiza măsurii în care se potrivesc în scenariul propus. În prima parte a capitolului vom discuta despre noțiunile de tactici și strategii, urmând să le descriem detaliat, începând de la cea mai rudimentară și ineficientă strategie, până la cele mai inteligente, care au încorporate diferite mecanisme de învățare.

Contribuția esențială a acestui capitol o reprezintă descrierea unei strategii proprii, care se bazează pe învățare, având factor de concesie diferențiat pe diferite intervale de timp. Această strategie a fost dezvoltată pentru a simula mecanismul de licitație calitativă engleză (după cum se va vedea în *Capitolul 6* al prezentei cercetări). De asemenea, vom evalua eficiența acestei strategii și vom demonstra că oferă rezultate mult mai bune față de agenții care adoptă alte tipuri de strategii.

Definirea unui comportament strategic optimal al agenților care interacționează pentru a procura un serviciu în cadrul unui sistem descentralizat, reprezintă o problemă de o importanță majoră. Observațiile 3.1. – 3.7. prezentate în acest capitol ne conduc la următoarele concluzii:

- ❖ Obținerea soluțiilor Pareto eficiente într-un mediu parțial competitiv, unde există informație incompletă de ambele părți (consumator și furnizor de serviciu), reprezintă scopul fundamental al unei strategii și este o problemă complexă;
- ❖ Pentru ca un agent să propună soluții favorabile și pentru oponentul de interacțiune, trebuie să își construiască un model de preferințe al acestuia, pe care îl va actualiza după fiecare informație primită (oferta oponentului într-o rundă);
- ❖ Se impune necesitatea includerii tehnicilor de învățare în comportamentul strategic al agentului, pentru a reuși estimarea preferințelor competitorului;
- ❖ Trebuie să se considere includerea unui anumit factor de concesie în comportamentul strategic, pentru a evita situația de dezacord (caz în care utilitatea agentului va fi 0).

Observațiile menționate mai sus, cu privire la avantajele și dezavantajele diferitelor strategii se pot vizualiza sub formă tabelară în *Anexa 2* a prezentului studiu.

Am dezvoltat de asemenea un comportament strategic complex, care combină avantajele oferite de învățarea Bayesiană cu o tactică dependentă de timp, considerând un factor de concesie diferențiat pe diferite intervale temporale, până la încheierea negocierii. S-a observat că agentul care adoptă această strategie, obține o satisfacție individuală mult mai mare decât un alt agent, care adoptă de exemplu strategia de învățare Bayesiană clasică. Aceasta se datorează în primul rând concesiei dependente de timp: pe primele intervale, agentul face concesii foarte mici, punând accent mai mult pe învățarea preferințelor oponentului. Pasul de concesie se mărește pe măsură ce se apropie timpul-limită. Această strategie generează soluții Pareto eficiente și raportat la celelalte strategii prezentate în cadrul capitolului: cele bazate pe mers aleator, compromis sau concesie clasică.

O dată descrise și comportamentele strategice care pot fi adoptate de către participanții prezenți într-un mecanism colaborativ de procurare a unui serviciu, ne îndreptăm atenția spre descrierea soluției proprii dezvoltate. Înainte de a recurge la acest lucru, vom prezenta cadrul metodologic utilizat pentru implementarea soluției colaborative și modificările realizate în

sistem pentru a îndeplini acest obiectiv. În *Capitolul 4* prezentăm detaliat mediul de negociere *GENIUS* [135].

Capitolul 4.

Cadrul metodologic pentru evaluarea soluției colaborative

În acest capitol descriem detaliat cadrul metodologic utilizat pentru evaluarea soluției colaborative propuse (care va fi descrisă în *Capitolul 6* al acestei cercetări). Prezentăm funcționalitățile inițiale oferite de sistem, referindu-ne la executarea sesiunilor bilaterale (de tip *unu cu unu*) de negociere, în cadrul cărora comunicarea se realizează prin intermediul protocolului ofertelor alternante de tip *Rubinstein* [114].

Contribuția rezidă din extinderea mediului de negociere, mai precis a stratului de interacțiune, cu protocele de negociere, care permit interacțiunea concurentă dintre mai mulți participanți din sistem (de tip *unu cu mai mulți*). Aceste protocele concurente de negociere vor fi utilizate pentru a simula mecanismul de licitație calitativă engleză, descris în *Capitolul 6*. De asemenea, s-au dezvoltat și noi agenți inteligenți care adoptă strategii bazate pe învățare Bayesiană și au încorporate regulile protocelelor concurente.

În acest capitol am prezentat detaliat arhitectura mediului de negociere utilizat pentru evaluarea performanței soluției colaborative propuse în cadrul prezentei cercetări. *GENIUS* [135] permite integrarea facilă a unor noi protocele de interacțiune între participanți, precum și dezvoltarea unor strategii de joc ale indivizilor care aderă la aceste protocele.

Inițial, sistemul a inclus doar un protocol de comunicare, care asigura interacțiunea între doi participanți. Pentru testarea soluției colaborative, s-a extins mediul de negociere pentru cazul interacțiunilor de tip *unu cu mai mulți* și s-au dezvoltat două protocele concurente de negociere și două strategii ale agenților inteligenți, adaptate pentru aceste protocele. Prima strategie consideră învățarea Bayesiană clasică a modelului de oponent, în timp ce a doua strategie este bazată pe învățare Bayesiană cu factor diferențiat în funcție de timp. Cea din urmă, a fost detaliată în *subcapitolul 3.6.2*, fiind dezvoltată inițial pentru cazul bilateral și adaptată ulterior pentru cazul concurent.

În următoarele două capitole vom recurge la integrarea tuturor conceptelor descrise în *Capitolele 1-4* pentru a detalia mecanismul colaborativ propus pentru tranzacționarea automată a serviciilor în sisteme descentralizate.

Capitolul 5.

Proiectarea mecanismului colaborativ cantitativ pentru procurarea unui serviciu

Proiectarea mecanismului presupune stabilirea regulilor jocului, astfel încât acestea să întărească încrederea indivizilor în echitatea socială oferită, stimulând aderarea lor la mecanism, premise necesare pentru realizarea colaborării. Echitatea socială presupune, că pe lângă obiectivul general al unui individ de a obține un contract favorabil privind un serviciu, acesta estimează ca va obține o satisfacție individuală cât mai mare, care se înscrie în principiile raționalității individuale. Astfel, considerând colaborarea tuturor indivizilor pe de o parte și competiția dintre cei care „joacă” pentru obținerea aceluiași serviciu, mecanismul implementat trebuie să genereze rezultate care să maximizeze bunăstarea socială generală și să se caracterizeze prin eficiență Pareto.

În acest capitol vom investiga diferite modele de proiectare a unui mecanism cantitativ automat pentru tranzacționarea eficientă a serviciilor, identificând totodată principalele cerințe care trebuie îndeplinite. *Cantitativ* înseamnă că prețul este unul din atributele fundamentale supuse evaluării de către participanți.

În ceea ce privește mecanismul proiectat, vom analiza în principal următoarele criterii:

- ❖ *Caracterul necooperativ al agenților*: trebuie să fie posibil ca aceștia să ia decizii eficiente pe plan local, bazându-se pe informația privată proprie și strategia adoptată în cadrul jocului;
- ❖ Regulile protocolului să asigure o comunicare eficientă și echitate socială în cadrul mecanismului;
- ❖ Procurarea unui anumit serviciu să se încheie într-un *timp-limită rezonabil*;
- ❖ *Revelarea informației*: obținerea evaluării reale a participanților privind serviciul supus tranzacției;
- ❖ Soluția finală să îndeplinească criteriul fundamental de *optimalitate Pareto*, acesta fiind cel mai important criteriu de eficiență analizat.

În continuare, vom defini problema de proiectare a mecanismului economic cantitativ pentru tranzacționarea de servicii, în contextul notațiilor specificate în *Capitolul 2* al prezentului studiu.

Sintetizând *observațiile 5.1-5.14* specificate în cadrul acestui capitol, reținem următoarele aspecte fundamentale: Proiectarea mecanismului *cantitativ* pentru procurarea unui serviciu într-un sistem descentralizat are la bază următoarele etape:

- ❖ *Descrierea problemei de proiectare*: specificarea domeniului, numărul participanților și tipurile lor, precum și evaluările reale ale participanților;
- ❖ *Modelarea problemei* prin intermediul unei funcții de alegere socială pentru care se caută un câștig optim x^* , specificând transferurile monetare care se vor efectua de către participanți. Fiind un mecanism cantitativ, prețul este atributul fundamental al serviciului supus tranzacției;
- ❖ *Alegerea mecanismului* care va implementa această funcție de alegere socială: *licitație* sau *negociere*.

Pentru a *evalua eficiența* mecanismului ales, se definesc următoarele *cerințe*:

- ❖ *O abordare privind teoria jocurilor este vitală*: pe baza unor anumite profile de preferințe ale participanților se determină un echilibru al mecanismului, în contextul în care fiecare individ urmează o strategie de tip cel mai bun răspuns la strategiile oponentilor, urmărind maximizarea utilității proprii;
- ❖ Apelăm la *conceptele de soluție*, în special echilibrul Nash, pentru a evalua eficiența mecanismului. De asemenea rezultatul mecanismului trebuie să îndeplinească cerința de optimalitate Pareto.

În acest capitol am definit problema procurării unui serviciu de către un consumator, de la doi posibili furnizori. Am descris detaliat proiectarea a două tipuri de mecanisme cantitative pentru a rezolva această problemă: *licitație* și *negociere*.

Cerințele generale ale mecanismului cantitativ au fost stabilite în felul următor:

- ❖ *Evaluarea serviciului supus tranzacției*: Fiecare participant $i \in \{0,1,2\}$ din mecanism își extrage valoarea reală privind serviciul supus tranzacției în mod aleator, prin intermediul unei distribuții de probabilitate. Pentru simplificare, am considerat că *distribuția de probabilitate este uniformă*, prin urmare evaluările participanților i se vor extrage din intervalul $[0,1]$;
- ❖ *Valoarea* serviciului depinde exclusiv de preferințele participantului. Fiecare din participanți știe exact cât valorează serviciul în opinia lui, dar această *informație este privată* și proprie participantului;
- ❖ *Neutralitatea față de risc a participanților*: Funcțiile de utilitate ale participanților raportate la bunăstare vor fi liniare;

- ❖ *Simetria informațională*: Toți agenții i din sistem, unde $i \in \{0,1,2\}$ au aceeași mulțime de valori posibile privind serviciul supus tranzacției. Aceasta înseamnă că toți participanții apelează la aceeași funcție densitate de probabilitate ϕ pentru a obține evaluarea serviciului (de aici rezultă că $\phi_1 = \phi_2 = \dots = \phi_n = \phi$).

În cazul proiectării mecanismului cantitativ de tip licitație am ajuns la următoarele concluzii:

- ❖ Indiferent ce mecanism cantitativ de licitație se implementează pentru problema procurării serviciului, pe baza echivalenței strategice a mecanismelor de licitație ne putem raporta în permanență la proprietățile mecanismelor echivalente;
- ❖ Proiectarea uneia din licitațiile cantitative care dețin strategii dominante (engleză sau Vickrey), reprezintă o soluție optimală, întrucât nu există un efort suplimentar generat de estimarea evaluărilor altor participanți. Mecanismele cantitative de tip licitație se pot modela și ca multiple negocieri concurente între consumator și fiecare furnizor în parte (pe fire de execuție diferite). În următorul capitol vom exploata chiar acest detaliu, în contextul dezvoltării unui mecanism calitativ pentru procurarea unui serviciu într-un sistem descentralizat. Vom demonstra că licitația calitativă engleză propusă poate fi aproximată prin intermediul a două modele de negociere concurentă, combinând astfel avantajele oferite de aceste tipuri de mecanisme.

Capitolul 6.

Proiectarea mecanismului colaborativ calitativ pentru procurarea unui serviciu

Într-un mediu descentralizat, procurarea unui anumit serviciu generează interacțiuni complexe între indivizii care cooperează în vederea obținerii unui contract favorabil cu oponentul, dar în același timp sunt competitivi, urmărind realizarea propriilor interese. O astfel de societate duală, unde *colaborarea* și *competiția* coexistă, se formează în urma agregării preferințelor diverse și uneori opuse ale consumatorilor și furnizorilor de servicii, iar optimul social rezultă în urma determinării unui echilibru al jocului generat de mecanism.

În acest capitol propunem dezvoltarea unui mecanism calitativ de tip licitație engleză (*LCE*) pentru a modela problema procurării unui anumit serviciu, caracterizat de mai multe atribute precum: timpul de livrare, calitatea, durata estimată de utilizare sau factorul de penalizare.

Deoarece mecanismul colaborativ de tip licitație propus este unul *calitativ*, are principalul *avantaj* că elimină dificultățile întâmpinate de proiectant în procesul de stabilire a unei monede virtuale prin care să exprime prețul serviciului într-un sistem descentralizat. Cu toate acestea, principalul *dezavantaj* se rezumă prin necesitatea de a anunța public profilul de preferințe de către licitant, facilitând astfel exploatarea de informație din partea licitatorilor.

Pentru a elimina acest neajuns, cercetarea de față propune aproximarea licitației calitative engleze (*LCE*) prin intermediul a două *protocoale concurente de negociere*. Aceste modele generează rezultate optime și în cazul existenței informației incomplete de partea oricărui participant în mecanism. Astfel, consumatorul nu este nevoit să își dezvăluie preferințele privind serviciul, este suficient ca acesta să ofere indicii după fiecare rundă de negociere, semnalând satisfacția individuală obținută.

Contribuțiile din cadrul acestui capitol se pot rezuma după cum urmează:

1. Formalizarea unui mecanism calitativ de tip licitație engleză (*LCE*) pentru tranzacționarea eficientă a serviciilor într-un mediu descentralizat, care să asigure echitatea socială (*engl. fairness*) prin intermediul regulilor impuse de protocolul de comunicare;

2. Construirea a două protocoale concurente de negociere pentru a aproxima licitația calitativă engleză, în vederea eliminării neajunsurilor legate de dezvoltarea de informație;
3. Evaluarea optimalității rezultatului generat de mecanism prin intermediul simulărilor realizate, utilizând protocoalele concurente de negociere.

În următorul subcapitol, detaliem motivația optării pentru un mecanism calitativ, urmând să construim pas cu pas formalizarea modelului propus de tip licitație engleză.

În acest capitol au fost îndeplinite următoarele *obiective*:

1. *Descrierea detaliată și explicarea elementelor mecanismului calitativ:*
 - ❖ Atributele serviciului supus tranzacției;
 - ❖ Ponderile de importanță acordate atributelor;
 - ❖ Evaluarea serviciului de către consumator și furnizori;
 - ❖ Funcțiile de utilitate;
 - ❖ Valorile de rezervare pentru fiecare participant;
 - ❖ Profilul de preferințe.
2. *Definirea problemei de implementare a mecanismului calitativ pornind de la anumite ipoteze inițiale și specificarea criteriilor de eficiență;*
3. *Fundamentarea modelului de licitație calitativă engleză (LCE), punând accent pe diferențele față de licitația cantitativă engleză (bazată pe preț);*
4. *Prezentarea algoritmului pentru determinarea câștigătorului în licitația calitativă engleză (LCE);*
5. *Comparații între licitația calitativă engleză (LCE) și alte mecanisme calitative similare: licitația calitativă Vickrey (LCV) descrisă în [153].*

Considerăm că modelul propus de licitație calitativă engleză (LCE) este potrivit pentru a face față provocărilor apărute în cazul tranzacționării serviciilor în sisteme computaționale descentralizate, deoarece regulile mecanismului motivează consumatorul și furnizorii să adere la acest mecanism. Totodată, consumatorul reușește prin intermediul mecanismului să își maximizeze utilitatea individuală, rezultatul selectat de mecanism fiind astfel optim în toate situațiile.

În continuare, am tratat un alt aspect important, și anume, posibilitățile de aproximare a acestui mecanism calitativ de licitație engleză prin intermediul protocoalelor concurente de negociere, urmând să prezentăm detaliat simulările realizate pentru a demonstra eficiența mecanismului.

Principala motivație pentru construirea protocoalelor concurente de negociere, rezidă din faptul că licitantul sau consumatorul nu este nevoit să își anunțe public profilul de preferințe

γ_0 pentru a se obține un rezultat optim al mecanismului. Singura informație dezvăluită de către acesta, după fiecare rundă de negociere, este oferta câștigătoare în runda respectivă.

În *protocolul concurent fără timp-limită* dezvoltat se consideră că negocierea între consumator și furnizori se încheie în momentul în care oricare din furnizori se retrage din mecanism. Datorită faptului ca numărul total al ofertelor disponibile este foarte mare pe acest domeniu de negociere, furnizorii își epuizează o mare parte din ofertele disponibile până să ajungă la valorile de rezervare vr_i , moment în care se retrag din mecanism.

Aceasta este motivația fundamentală pentru care am dezvoltat un al doilea protocol, *cu un timp-limită T* pentru a aproxima mecanismul de licitație calitativă. Scopul nostru a fost de a demonstra că și în cazul existenței unui timp-limită de 6 minute alocat negocierii se îndeplinesc criteriile de eficiență privind optimalitatea rezultatului mecanismului și a utilităților participanților: consumator și furnizorul câștigător.

În cazul ambelor protocoale dezvoltate, am considerat că agenții furnizori adoptă o strategie de învățare Bayesiană pentru a estima modelul de preferințe al consumatorului. Strategia de învățare asigură faptul că furnizorii propun oferte favorabile pentru consumator și astfel se obțin soluții Pareto eficiente ale mecanismului. Pentru al doilea protocol de negociere, s-a impus necesitatea adaptării strategiei de învățare, pentru a menține parametrii de eficiență și în prezenta restricțiilor impuse de timpul-limită. Am adaptat strategia de învățare Bayesiană dezvoltată, cu factor de concesiune diferențiat în funcție de timp (strategie prezentată în *subcapitolul 3.6.3*), încorporând regulile protocolului concurent cu timp-limită.

În ultima parte a studiului, principalul nostru obiectiv a fost de a evalua eficiența protocoalelor concurente de negociere dezvoltate. Eficiența se traduce prin capacitatea acestora de a aproxima licitația calitativă engleză (*LCE*) în ceea ce privește utilitățile obținute de consumator și furnizorul câștigător, în momentul încheierii negocierii. Inițial, am realizat simulări pe un eșantion de 50 de sesiuni de negociere (extrase aleator din cele 792 de sesiuni posibile), iar ulterior am realizat simulări pe tot setul de 792 de sesiuni.

Principalele concluzii au fost următoarele:

- ❖ În cazul *protocolului concurent fără timp-limită* s-a obținut în medie o utilitate cu 0.087150 mai mare decât cea obținută în licitația calitativă engleză. Pe de altă parte, furnizorul câștigător obține în medie o utilitate cu 0.113400 mai mică decât în licitația calitativă engleză. Explicația obținerii unei utilități mai mari pentru consumator în cazul acestui protocol este legată de strategia de învățare Bayesiană, precum și de faptul că agenții au la dispoziție un timp nelimitat pentru negociere. Până când își ating valorile de rezervare, își epuizează o mare parte din ofertele disponibile, maximizând totodată utilitatea consumatorului;

- ❖ În cazul *protocolului concurent cu timp-limită* am considerat $T = 6$ minute pentru sesiunea de negociere concurentă. În cazul consumatorului, s-a obținut în medie o utilitate cu 0.0977 mai mică decât în cazul licitației engleze, iar în cazul furnizorului, o utilitate în medie cu 0.0043 mai mare decât în cazul *LCE*.

În continuare, am aplicat testul neparametric *Kolmogorov-Smirnov*[157][158] pentru a verifica concordanța dintre distribuțiile utilităților obținute de consumator și furnizorul câștigător, în cazul celor două protocele concurente (*cu și fără timp-limită*), față de cele obținute în licitația calitativă engleză (*LCE*). Am ajuns la concluzia că protocolul concurent cu timp-limită aproximează mai bine mecanismul de licitație calitativă engleză (*LCE*). Acest rezultat s-a obținut și în cazul simulărilor realizate pe tot eșantionul de 792 de negocieri posibile.

CONCLUZII

În prezenta lucrare, am adresat problema realizării unei colaborări automate în cazul procurării unui serviciu într-un sistem descentralizat. Am tratat natura duală, *colaborare-competiție*, existentă în sistem și am detaliat problema tranzacționării serviciilor, punctând principalele caracteristici ale acestora, precum și cerințele de eficiență pentru un potențial model dezvoltat. De asemenea, am prezentat principalele concepte din domeniul *Teoriei Jocurilor*, prin care putem evalua eficiența unui model, respectiv compara două modele.

În continuare, am expus dintr-o perspectivă proprie principalele elemente pentru a construi un mecanism economic colaborativ (domeniul *Design-ului de Mecanisme*) și am descris comparativ modelele de piață din *teoria economică* pe care le-am considerat potrivite pentru a face față provocărilor întâmpinate în sisteme descentralizate.

Latura de competiție a sistemului descentralizat a fost adresată prin intermediul comportamentului strategic al agenților inteligenți, specificând modul în care aceștia își formează următoarea ofertă pe care o vor lansa, în funcție de evaluarea privată privind serviciul, precum și alte informații obținute pe parcursul interacțiunii. Am insistat asupra atributului de inteligență, care joacă un rol important, agenții fiind interesați să își maximizeze satisfacția individuală, interacțiunea lor generând un rezultat al mecanismului care se încadrează în principiile de echitate socială. **Contribuția** acestei părți o reprezintă descrierea unei strategii proprii, care se bazează pe învățare, având factor de concesie diferențiat pe diferite intervale de timp. Această strategie a fost dezvoltată pentru a simula mecanismul colaborativ de *licitație calitativă engleză (LCE)* dezvoltat, formalizat în ultima parte a acestei cercetări.

O dată descrise și comportamentele strategice care pot fi adoptate de către participanții prezenți într-un mecanism colaborativ de procurare a unui serviciu, ne-am îndreptat atenția spre descrierea soluției proprii dezvoltate. Înainte de a recurge la acest lucru, am prezentat cadrul metodologic utilizat pentru implementarea soluției colaborative și *modificările*, respectiv *extinderile* realizate în sistem pentru a îndeplini acest obiectiv.

În continuare, am definit problema concretă a procurării unui serviciu de către un consumator, de la doi posibili furnizori. Am descris detaliat proiectarea a două tipuri de mecanisme cantitative pentru a rezolva această problemă: *licitație și negociere*.

Dezvoltarea unui mecanism calitativ de tip *licitație engleză (LCE)* pentru a modela problema procurării unui anumit serviciu, caracterizat de mai multe atribute, precum: timpul de livrare, calitatea, durata estimată de utilizare sau factorul de penalizare, a fost adresată în ultima parte a cercetării. Am motivat faptul că, deoarece mecanismul colaborativ de tip *licitație* propus este unul *calitativ*, are principalul *avantaj* că elimină dificultățile întâmpinate de proiectant, în procesul de stabilire a unei monede virtuale prin care să exprime prețul serviciului într-un sistem descentralizat. Cu toate acestea, am afirmat că principalul *dezavantaj* se rezumă prin necesitatea de a anunța public profilul de preferințe de către licitant, facilitând astfel exploatarea de informație din partea licitatorilor.

Pentru a elimina acest neajuns, am propus aproximarea *licitației calitative engleze (LCE)* prin intermediul a două *protocoale concurente de negociere*. Am observat că aceste modele generează rezultate optime și în cazul existenței informației incomplete de partea oricărui participant în mecanism. Cercetarea de față se încheie cu o parte de simulări experimentale prin intermediul cărora am evaluat eficiența mecanismului calitativ dezvoltat. Am recurs la acest lucru, deoarece până în prezent nu există o demonstrație teoretică pentru a analiza optimalitatea rezultatului generat de mecanism.

i. Contribuții realizate

Contribuțiile aduse de autor prin intermediul acestei cercetări se rezumă după cum urmează:

- ❖ Adresarea problemei procurării serviciilor în sisteme descentralizate pornind de la lipsurile sau lacunele existente în prezent în asemenea organizații virtuale [162];
- ❖ Identificarea unor modele de piață din *teoria microeconomică* pe care le-am considerat potrivite pentru a soluționa problema definită [160];
- ❖ Tratarea naturii duale *colaborare-competiție* existentă într-un sistem deschis și formularea cerințelor de eficiență pentru un mecanism de procurare [160];
- ❖ Dezvoltarea unui comportament strategic inteligent, bazat pe învățarea modelului de oponent, care generează un rezultat eficient pentru individul care îl adoptă [161];
- ❖ Extinderea mediului de negociere *GENIUS* [135] în care s-a implementat soluția colaborativă propusă, pentru a permite și interacțiuni concurente între mai mulți participanți (inițial sistemul oferea doar posibilitatea negocierilor bilaterale) [159];
- ❖ Construirea unui model *cantitativ* pentru procurarea unui serviciu caracterizat de mai multe atribute;

- ❖ Construirea unui model *calitativ* de tip licitație engleză (*LCE*) care oferă stimulente pentru realizarea colaborării automate în cadrul sistemului, mecanismul asigurând prin intermediul regulilor stabilite, echitatea socială în cadrul comunității [159];
- ❖ Dezvoltarea a două protocoale concurente de negociere care aproximează licitația calitativă engleză (*LCE*), în vederea înlăturării neajunsurilor privind dezvăluirea de informație de către licitant [159];
- ❖ Simulări experimentale și statistici pentru a evalua eficiența mecanismului calitativ dezvoltat. Motivația principală este aceea că nu există încă o demonstrație teoretică privind optimalitatea rezultatului generat.

ii. Diseminarea rezultatelor

Diseminarea rezultatelor cercetării s-a realizat prin publicarea de articole din categoriile ISI sau BDI în urma unor conferințe de top pe domeniul Inteligenței Artificiale sau Economie. Modelul colaborativ propus de *licitație calitativă engleză (LCE)* a fost validat prin intermediul unui articol susținut și inclus în volumul workshop-ului *Agent-Based Complex Automated Negotiations (ACAN 2011)* din cadrul prestigioasei conferințe *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS 2011)* [159], care urmează să fie publicat de editura Springer în anul 2012. În acest moment, alte două articole la conferințele *AAMAS 2012*, respectiv *GECON 2011* sunt supuse analizei referențelor.

Șerban, L.D., Ștefanache C.M., Silaghi G.C., Litan, C.M., "*A Qualitative Ascending Protocol for Multi-Issue One-to-Many Negotiations*", Proceedings of the 4th International Workshop on Agent-Based Complex Automated Negotiations, ACAN 2011, in conjunction with AAMAS 2011 conference, 2-6 May 2011, Taipei, Taiwan (to be published by Springer in 2012, indexed ISI).

Ștefanache, C.M., "*A Market-Based Approach of Efficient Resource Allocation Mechanisms in Collaborative Peer-to-Peer Systems*", Economy Informatics Journal, Inforec, 2010, indexed BDI.

Ștefanache, C.M., "*Intelligent Negotiation Strategies for Efficient Service Trading in Open Computing Systems*", Workshop Intelligent Decision Support Systems, Cluj-Napoca, 2010.

Ștefanache C. M., Simon A. M., Nagy I.M., Sitar-Tăut D.A., "*An Approach of Implementing a Virtual Hotel Organization Using Web Services Technology*", Ambient Intelligence Perspectives, IOS Press, pp. 211-220, 2009, indexed ISI.

Ștefanache C.M., Silaghi G.C., Litan C.M., "*Automated Average Cycle Length Detection in Chaotic Time Series*", International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation, Liverpool, England, IEEE Digital Library, pp. 140-145, 2010, indexed BDI.

iii. Direcții viitoare de cercetare

Direcțiile viitoare de cercetare se pot desfășura pe mai multe axe:

- ❖ *Modele de piață din teoria microeconomică*: posibilitatea de a formaliza la o versiune calitativă și alte modele de piață, pe lângă licitații;
- ❖ *Inteligență Artificială*: Dezvoltarea unor comportamente strategice inteligente care consideră alte tehnici de învățare decât cea Bayesiană;
- ❖ *Mediul de negociere*: Extinderea modulului de interacțiune, pentru a permite comunicare de tip *mai mulți cu mai mulți* între participanți;
- ❖ *Design de Mecanisme*: Proiectarea altor mecanisme decât negocieri concurente, pentru a aproxima mecanismul calitativ de tip licitație. În acest context, înainte de a recurge la acest lucru, o perspectivă excelentă de cercetare ar fi demonstrația teoretică a mecanismului de aproximare.

Bibliografie generală

- [1] Foster, I., Iamnitchi A., “*On death, taxes and convergence of peer-to-peer and grid computing*”, In Lecture Notes in Computer Science, 2735, Springer Verlag, 2003
- [2] Buyya R., Abramson D., Giddy J., Stockinger H., “*Economic models for resource management and scheduling in grid computing*”, Concurrency and Computation: Practice and Experience , 14 (13-15), pp. 1507-1542, 2002.
- [3] Foster, I., Kesselman C., Tuecke S., “*The anatomy of the Grid: Enabling scalable virtual organizations*”, International Journal of Supercomputer, Applications , 15 (3), 2001.
- [4] Foster, I., Kesselman C., “*The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*”, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 1999.
- [5] *CoreGrid vision about the Grid*. Retrieved from CoreGrid:
<http://www.coregrid.net/mambo/content/view/2/25/> , 2005
- [6] Schollmeier, R., “*A Definition of Peer-to-Peer Networking for the Classification of Peer-to-Peer Architectures and Applications*”, Proceedings of the First International Conference on Peer-to-Peer Computing, IEEE, 2002.
- [7] Shirky, C. “*What is P2P and what Isn't*”. Retrieved from
www.openp2p.com/pub/a/p2p/2000/11/24/shirky1-whatisp2p.html , 2000.
- [8] Stoica, I., Morris, R., Karger, D., Kaashoek, M.F., Balakrishnan, H., “*CHORD: A Scalable Peer-to-Peer Lookup Service for Internet Applications*”. In Proceedings of 2001 ACM SIGCOMM Conference.
- [9] Ratnasamy, S., Francis, P., Handley, M., Karp, R., Shenker, S., “*A Scalable Content Addressable Network*”. In Proceedings of 2001 ACM SIGCOMM Conference.
- [10] Rowstron, A., Druschel, P., “*Pastry: Scalable, decentralized object location and routing for large-scale peer-to-peer systems*”. In IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms (Middleware), Heidelberg, Germany, 2001.
- [11] Wooldridge, M., “*An Introduction to MultiAgent Systems*”, John Wiley & Sons Ltd, 2002.
- [12] Wooldridge, M., Jennings, N. R., “*Intelligent agents: theory and practice*”, The Knowledge Engineering Review, 10(2), pp. 115-152.
- [13] Fuks, H., Raposo, A., Gerosa, M., Pimentel, M., Filippo, D., Lucena, C., “*Inter-and intra-relationships between communication coordination and cooperation in the scope of the 3C Collaboration Model*”, 12th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2008.
- [14] Ellis, C.A., Gibbs, S.J. & Rein, G.L., “*Groupware - Some Issues and Experiences*”. Communications of the ACM, Vol. 34, No. 1, pp. 38-58.
- [15] Fehr, E., Schmidt, K. M., “*A Theory of Fairness, Competition, and Cooperation*”, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 114 (3), pp. 817-868, 1999.

- [16] Coad, P., Yourdon, E., *“Object-Oriented Design. Englewood Cliffs: Yourdon Press”*, 1991.
- [17] Sierra, C., Faratin, P., Jennings, N., *“A service-oriented negotiation model between autonomous agents”*. In Boman, M., and de Velde, W. V., eds., *Proceedings of 8th European Workshop on Modeling Autonomous Agents in Multi-Agent World*, no. 1237 in Lecture Notes in Artificial Intelligence, pp. 17–35, Springer-Verlag, 1997.
- [18] Sandholm, T. W., *“Distributed rational decision making”*. In G. Weiss, *Multiagent Systems A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, pp. 201-258, Cambridge: MIT Press, 1999.
- [19] Bapstisste - Say, J., *“A treatise on political economy; or the production distribution and consumption of wealth”*, Batoche Books Kitchener, 2001.
- [20] Bentham, J., *“An Introduction to the Principles of Morals and Legislation”*, Adamant Media Corporation, 2005.
- [21] Mill, J. S., *“Utilitarianism”*, Chicago: University of Chicago Press, 1906.
- [22] Samuelson, P. A., *“Foundations of Economic Analysis”*, Harvard University Press, 1983.
- [23] Marshall, A., *“Principles of Economics”*, 8th ed., Vol. I, London: Macmillan, 1920.
- [24] Slutsky, E., *“Sulla teoria del bilancio del consummatore”*, Giornale degli Economisti, 1915.
- [25] Pareto, V., *“Considerazioni sui principi fondamentali dell'economia politica pura”*, Giornale degli Economisti, 1893.
- [26] Hicks, J., *“The Foundations of Welfare Economics”*, Economic Journal, 1939.
- [27] Leyton-Brown, K., Shoham, Y., *“Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations”*, Cambridge University Press, 2009.
- [28] von Neumann, J., Morgenstern, O., *“Theory of Games and Economic Behavior”*, 2nd Edition ed., Princeton: Princeton University Press, 1947.
- [29] Pareto, V., *“Manual of political economy”*, Trans. by A. Kelley, New York, 1971.
- [30] Barr, N., *“Economics of the welfare state”*, Oxford University Press, 2004.
- [31] Sen, A., *“Markets and freedom: Achievements and limitations of the market mechanism in promoting individual freedoms”*, Oxford Economic Papers, 45 (4), pp. 519-544, 1993.
- [32] Arrow, K. J., Debreu, G., *“Landmark Papers in General Equilibrium Theory, Social Choice and Welfare”*, Edward Elgar Publishing, 2002.
- [33] Greenwald, B. C., Stiglitz, J. E., *“Externalities in economies with imperfect information and incomplete markets”*, Journal of Economics, 101 (4), pp. 229-264, 1986.
- [34] Mas-Colell, A., Whinston, M., Green, J., *“Microeconomic Theory”*, Oxford University Press, 1995.
- [35] Bergson, A., *“A Reformulation of Certain Aspects of Welfare Economics”*, Journal of Economics, 52 (2), pp. 310-334, 1938.
- [36] Sen, A., *“Collective Choice and Social Welfare”*, North-Holland Publishing Co., 1970.
- [37] Pigou, A. C., *“The Economics of Welfare”*, 4th Edition, London: Macmillan, 1932.
- [38] McLure, M., *“Pareto, Economics and Society: The mechanical analogy”*, New York: Routledge Press, 2001.
- [39] Barone, E., *“The Ministry of Production in the Collectivist State”*. In F.A. Hayek, *Collectivist Economic Planning*, pp. 245-290, 1935.
- [40] Arrow, K. J., *“A Difficulty in the Concept of Social Welfare”*, Journal of Political Economy, 58 (4), pp. 328-346, 1950.

- [41] Arrow, K. J., “*Social Choice and Individual Values*”, Yale University Press, 1951, 2nd ed., 1963.
- [42] Nash, J. F., “*Non-Cooperative Games*”, The Annals of Mathematics , 54(2), pp. 286-295, 1951.
- [43] Luce, R.D., Raiffa, H., “*Games and Decisions: An Introduction and Critical Survey*”, Wiley & Sons., Capitolul 5, 1957.
- [44] Nash, J. F., “*Equilibrium points in n-person games*”, Proceedings of the National Academy of Sciences , 36 (1), pp. 48-49, 1950.
- [45] Debreu, G., “*A Social Equilibrium Existence Theorem*”, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 38(10), pp. 896-893, 1952.
- [46] Nash, J. F., “*The Bargaining Problem*”, Econometrica (The Econometric Society), 18(2), pp. 155-162, 1950.
- [47] Kalai, E., Smorodinsky, M., “*Other solutions to Nash’s bargaining problem*”, Econometrica (The Econometric Society) , 43(3), pp. 513-518, 1975.
- [48] Osborne, M. J., Rubinstein, A., “*A course in game theory*”, MIT Press, 1994.
- [49] Kalai, E., “*Proportional solutions to bargaining situations: Intertemporal utility comparisons*”, Econometrica , 45(7), pp. 1623-1630, 1977.
- [50] Buyya, R., Abramson, D., Giddy, J., “*A Case for Economy Grid Architecture for Service-Oriented Grid Computing*”, Proceedings of the International Parallel and Distributed Processing Symposium: 10th IEEE International Heterogeneous Computing Workshop (HCW 2001), San Francisco, California, 2001.
- [51] Buyya, R., Abramson, D., Giddy, J., “*An Economy Driven Resource Management Architecture for Global Computational Power Grids*”, Proceedings of the 2000 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA), 2000.
- [52] Foster, I., Kesselman, C., “*Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit*”, International Journal of Supercomputer Applications, 11(2), pp. 115-128, 1997.
- [53] Wolski, R., Plank, J. S., Bryan, T., Brevik, J., “*Gcommerce: Market formulations controlling resource allocation on the computational grid*”, Proceedings of International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS), 2001.
- [54] Heiser, G., Lam, F., Russell, S., “*Resource Management in the Mungi Single-Address-Space Operating System*”, Proceedings of Australasian Computer Science Conference, Springer-Verlag, Singapore, 1998.
- [55] Amir, Y., Awerbuch, B., Barak, A., Borgstrom, S., Keren, A., “*An Opportunity Cost Approach for Job Assignment in a Scalable Computing Cluster*”, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 11(7), pp. 760-768, IEEE CS Press, 2000.
- [56] Brooke, J., Foster, M., Pickles, S., Taylor, K., Hewitt, T., “*Mini-Grids: Effective Testbeds for Grid Application*”, Proceedings of the First IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing (GRID 2000), Springer Verlag Press, 2000.
- [57] Buyya, R., Abramson, D., Giddy, J., “*Nimrod-G: An Architecture for a Resource Management and Scheduling System in a Global Computational Grid*”, The 4th International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region, IEEE Computer Society Press, 2000.
- [58] Buyya, R., Murshed, M., “*GridSim: A Toolkit for the Modeling and Simulation of Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing*”, Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience, pp. 1-32, Wiley Press, 2002.

- [59] Waldspurger, C. A., Weihl, W. E., "Lottery scheduling: Flexible proportional-share resource management", *Operating Systems Design and Implementation*, pp. 1-11, 1994.
- [60] Waldspurger, C. A., Hogg, T., Huberman, B. A., "Spawn: A distributed computational economy", *Software Engineering*, 18(2), pp. 103-117, 1992.
- [61] Reed, D., Pratt, I., Menage, P., Early, S., Stratford, N., "Xenoservers; Accounted execution of untrusted code", *Proceedings of the 7th Workshop on Hot Topics in Operating Systems*, IEEE CS Press, 1999.
- [62] Bredin, J., Kotz, D., Rus, D., "Utility Driven Mobile-Agent Scheduling", Technical Report, Dartmouth College, Hanover, NH, pp. 98-331, 1998.
- [63] Chun, B., Culler, D., "Market-based proportional resource sharing for clusters", Technical Report, University of California, Berkeley, 2000.
- [64] Liang, T.-P., Huang, J.-S., "A framework for applying intelligent agents to support electronic trading", *Decision Support Systems*, 28(4), pp. 305-317, 2000.
- [65] Jevons, W. S., "Money and the mechanism of exchange", D. Appleton and Company, 1875.
- [66] Mojo Nation: <http://www.mojonation.net/>, 2001.
- [67] Cooper, B., Garcia-Molina, H., "Bidding for Storage Space in a Peer-to-peer Data Preservation System", *Proceedings of the 22nd International Conference on Distributed Computing Systems*, <http://www-db.stanford.edu/peers/>, 2002.
- [68] McAfee, R.P., McMillan, J., "Auctions and bidding", *Journal of Economic Literature*, 25(3), pp. 699-738, 1987.
- [69] Nisan, N., London, S., Regev, O., Camiel, N., "Globally Distributed computation over the Internet: The POPCORN project", *International Conference on Distributed Computing Systems*, IEEE CS Press, 1998.
- [70] Frank, M., "The OCEAN Project: The Open Computation Exchange & Auctioning Network", The University of Florida, <http://www.cise.ufl.edu/research/ocean/>, 2002.
- [71] Smith, R. G., "The Contract Net Protocol: High level communication and control in a distributed problem solver", *IEEE Transactions on Computers*, 29(12), pp. 1104-1113, 1980.
- [72] FIPA: Foundation for Intelligent Physical Agents, <http://www.fipa.org>
- [73] Collins, J., Jamison, S., Mobasher, B., Gini, M., "A Market Architecture for Multi-Agent Contracting", *Proceedings of the Second International Conference on Autonomous Agents*, pp. 285-292, 1998.
- [74] Vokrinek, J., Biba, J., Hodik, J., Vybihal, J., Pechoucek, M., "Competitive Contract Net Protocol", *Theory and Practice in Computer Science*, 2007.
- [75] Sandholm, T. W., "Leveled Commitment Contracts and Strategic Breach", *Games and Economic Behavior*, 35(1), pp. 212-270, 2001.
- [76] Akinine, S., Pinson, S., Shakun, M. F., "An Extended Multi-Agent Negotiation Protocol", *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, no. 8, pp. 5-45, 2004.
- [77] Sandholm, T. W., Lesser, V., "Issues in Automated Negotiation and Electronic Commerce: Extending the Contract Net Framework", *Proceedings of First International Conference on Multiagent Systems*, AAAI Press, pp. 328-335, 1995.
- [78] Bergenti, F., Poggi, A., Somacher, M., "A Contract Decommitment Protocol for Automated Negotiation", In A. V. Omicini (Ed.), *Time Variant Environments*, pp. 56-61, 2001.

- [79] Stonebraker, M., Devine, R., Kornacker, M., Litwin, W., Pfeffer, A., Sah, A., Staelin, C., “*An Economic Paradigm for Query Processing and Data Migration in Mariposa*”, Proceedings of 3rd International Conference on Parallel and Distributed Information Systems, IEEE Computer Society Press, 1994.
- [80] Lalis, S., Karipidis, A., “*An Open Market-Based Framework for Distributed Computing over the Internet*”, Proceedings of the First IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing, Springer Verlag Press, 2000.
- [81] Hurwicz, L., “*Optimality and informational efficiency in resource allocation processes*”, In Mathematical Methods in the Social Sciences, Arrow, Karlin and Suppes (eds.), Stanford University Press, 1960.
- [82] Maskin, E., “*Nash equilibrium and welfare optimality*”, The Review of Economic Studies, no. 66, pp. 23–38, 1999.
- [83] Myerson, R., “*Mechanism design*”, In J. Eatwell, M. Milgate, and P. Newman, editors, The New Palgrave: Allocation, Information, and Markets, pp. 191–206, Norton, New York, 1989.
- [84] *The Nobel Foundation*. The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 2007: Scientific Background. Technical report, The Nobel Foundation, Stockholm, Sweden, December 2007.
- [85] Vickrey, W., “*Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders*”, Journal of Finance, 16(1), pp. 8–37, 1961.
- [86] Nisan, N., “*Algorithms for selfish agents, mechanism design for distributed computation*”, In 16th Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS’99), pp. 1–15, Heidelberg, 1999.
- [87] Hurwicz, L., Reiter, S., “*Designing Economic Mechanisms*”, Cambridge University Press, 2006.
- [88] Harsanyi, J. C., “*Games with incomplete information played by Bayesian players. Part I: The basic model*”, Management Science, 14, pp. 159–182, 1967.
- [89] Harsanyi, J. C., “*Games with incomplete information played by Bayesian players. Part II: Bayesian equilibrium points*”, Management Science, 14, pp. 320–334, 1968.
- [90] Harsanyi, J. C., “*Games with incomplete information played by Bayesian players. Part III: The basic probability distribution of the game*”, Management Science, 14, pp. 486–502, 1968.
- [91] Hurwicz, L., “*On informationally decentralized systems*”, In C.B. McGuire and R. Radner (eds.), Decision and Organization, North-Holland, Amsterdam, 1972.
- [92] Gibbard, A., “*Manipulation of voting schemes*”, Econometrica, no. 41, pp. 587–601, 1973.
- [93] Holmstrom, B., Myerson, R.B., “*Efficient and durable decision rules with incomplete information*”, Econometrica, 51(6), pp. 1799–1819, 1983.
- [94] Satterthwaite, M. A., “*Strategy-proofness and Arrow’s conditions: Existence and correspondence theorem for voting procedure and social welfare functions*”, Journal of Economic Theory, no. 10, pp. 187–217, 1975.
- [95] Clarke, E., “*Multi-part pricing of public goods*”, Public Choice, 11, pp. 17–23, 1971.
- [96] Groves, T., “*Incentives in teams*”, Econometrica, no. 41, pp. 617–631, 1973.
- [97] Green, J. R., Laffont, J. J., “*Incentives in Public Decision Making*”, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1979.
- [98] Nisan, N., “*Introduction to mechanism design (for computer scientists)*”, In E. Tardos N. Nisan, T. Roughgarden and V. Vazerani, editors, Algorithmic Game Theory, pp. 209–242, Cambridge University Press, 2007.

- [99] Krishna, V., *"Auction Theory"*, San Diego, USA, Academic Press, ISBN 012426297X, 2002.
- [100] Klemperer, P., *"Auctions – Theory and Practice"*, Princeton University Press, 2004.
- [101] Wurman, P. R., Wellman, M. P., Walsh, W. W., *"A parameterization of the auction design space"*, Games and Economic Behavior, 35(1), pp. 304-338, 2001.
- [102] eBay: <http://www.ebay.com/>
- [103] Das, R., Hanson, J. E., Kephart, J. O., Tesauro, G., *"Agent-Human Interactions in the Continuous Double Auction"*, Proceedings of International Joint Conferences on Artificial Intelligence (IJCAI). Seattle, 2001.
- [104] Wurman, P. W., Walsh, W. E., Wellman, M. P., *"Flexible double auctions for electronic commerce"*, Decision Support Systems, no. 24, pp. 17-27, 1998.
- [105] Nisan, N., Roughgarden, T., Vazerani, V., *"Algorithmic Game Theory"*, Cambridge University Press, 2007.
- [106] Milgrom, P. R., Weber, R. J., *"A theory of auctions and competitive bidding"*, Econometrica, 50(5), pp. 1089-1122, 1982.
- [107] Myerson, R. B., *"Optimal Auction Design"*, Mathematics of Operations Research, no. 6, pp. 58-73, 1981.
- [108] Pruitt, D. G., *"Negotiation Behavior"*, Academic Press, 1981.
- [109] Jennings, N. R., Faratin, P., Lomuscio, A. R., Parsons, S., Sierra, C., Wooldridge, M., *"Automated Negotiation: Prospects, Methods and Challenges"*, Group Decision and Negotiation, 10(2), pp. 199-215, 2001.
- [110] Rosenschein, J. S., Zlotkin, G., *"Rules of encounter: designing conventions for automated negotiation among computers"*, MIT Press, 1994.
- [111] Napel, S., *"Bilateral Bargaining: Theory and Applications"*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 2002.
- [112] Muthoo, A., *"Bargaining theory with applications"*, Cambridge University Press, 1999.
- [113] Raiffa, H., *"The Art and Science of Negotiation"*, Harvard University Press, 1982.
- [114] Rubinstein, A., *"Perfect Equilibrium in a Bargaining Model"*, Econometrica, 50(1), pp. 97-109, 1982.
- [115] Lomuscio, A. R., Wooldridge, M., Jennings, N. R., *"A classification scheme for negotiation in electronic commerce"*, International Journal of Group Decision and Negotiation, 12(1), pp. 31-56, 2003.
- [116] Parkes, D. C., Ungar, L. H., Foster, D. P., *"Accounting for cognitive costs in on-line auction design"*, P. S. Noriega, Ed., Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1999.
- [117] Binmore, K., *"Fun and Games, A Text on Game Theory"*, D.C. Heath and Company, 1992.
- [118] Rahwan, I., Kowalczyk, R., Pham, H. H., *"Intelligent agents for automated one-to-many e-commerce negotiation"*, Twenty-Fifth Australian Conference on Computer Science. Melbourne, 2002.
- [119] Nguyen T. D., Jennings, N. R., *"Reasoning about commitments in multiple concurrent negotiations"*, The 6th International Conference on E-Commerce, Delft, pp. 77-84, 2004.
- [120] Binmore, K., Shaked, A., Sutton, J., *"An outside option experiment"*, Quarterly Journal of Economics, 104(4), pp. 753-770, 1989.
- [121] Rubinstein A., Wolinsky, A., *"Equilibrium in a market with sequential bargaining"*, Econometrica, no. 53, pp. 1151-1172, 1985.

- [122] Chatterjee, K., “*Bargaining and search with incomplete information about outside options*”, *Games and Economic Behavior*, 22(2), pp. 203-237, 1998.
- [123] Cunyat, A., “*Strategic negotiations and outside options*”, University of Valencia Press, 1998.
- [124] Muthoo, A., “*On the strategic role of outside options in bilateral bargaining*”, *Operations Research*, 43(2), pp. 292-297, 1995.
- [125] Chatterjee, K., Samuelson, L., “*Bargaining with two-sided incomplete information: An infinite horizon model with alternating offers*”, *The Review of Economic Studies*, 54(2), pp. 175-192, 1987.
- [126] Li, C. G., Giampapa, J., Sycara, K., “*Bilateral negotiation decisions with uncertain dynamic outside options*”, First IEEE International Workshop on Electronic Contracting, IEEE Computer Society, pp. 54-61, 2004.
- [127] Rubinstein, A., “*Perfect equilibrium in a bargaining model*”, *Econometrica*, no. 50, pp. 97-110, 1982.
- [128] Osborne M., Rubinstein, A., “*Bargaining and Markets*”, Academic Press, 1990.
- [129] Gerding, E. H., Bragt, D. D., La Poutre, J. A., “*Scientific approaches and techniques for negotiation: a game theoretic and artificial intelligence perspective*”, Technical Report, 2000.
- [130] Kennan, J., Wilson, R., “*Bargaining with private information*”, *Journal of Economic Literature*, 31(1), 1993.
- [131] Myerson, R. B., Satterthwaite, M. A., “*Efficient mechanisms for bilateral trading*”, *Journal of Economic Theory*, no. 29, pp. 265-281, 1983.
- [132] Fudenberg D., Tirole, J., “*Sequential bargaining under incomplete information*”, *Review of Economic Studies*, no. 50, pp. 221-248, 1983.
- [133] Rubinstein, A., “*A bargaining model under incomplete information about time preferences*”, *Econometrica*, no. 53, pp. 1151-1172, 1985.
- [134] Faratin, P., Sierra, C., Jennings, N. R., “*Negotiation decision functions for autonomous agents*”, *Int. Journal of Robotics and Autonomous Systems*, 24(3-4), pp. 159–182, 1998.
- [135] Hindriks, K., Jonker, C. M., Kraus, S., Lin, R., Tykhonov, D., “*Genius: negotiation environment for heterogeneous agents*”, In AAMAS'09: The 8th Intl. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems, pp. 1397-1398, IFAAMAS, 2009.
- [136] Hindriks, K., Jonker, C., Tykhonov, D., “*Negotiation dynamics: Analysis, concession tactics, and outcomes*”, In Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT'07), pp. 427–433, 2007.
- [137] Gode, D.K., Sunder, S., “*Allocative efficiency in markets with zero intelligence (ZI) traders: Market as a partial substitute for individual rationality*”, *Journal of Political Economy*, 101(1), pp. 119–137, 1993.
- [138] Jonker, C., Treur, J.A., “*An agent architecture for multi-attribute negotiation*”, In Nebel, B. (ed.), Proceedings of the 17th International Joint Conference on AI, IJCAI'01, pp. 1195–1201, 2001.
- [139] Jonker, C.M., Robu, V., Treur, J., “*An agent architecture for multi-attribute negotiation using incomplete preference information*”, *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 15(2), pp. 221–252, 2007.
- [140] Faratin, P., Sierra, C., Jennings, N.R., “*Using similarity criteria to make negotiation tradeoffs*”, *Journal of Artificial Intelligence*, 142(2), pp. 205–237, 2003.
- [141] Hindriks, K., Tykhonov, D., “*Opponent modelling in automated multi-issue negotiation using bayesian learning*”, In Proceedings of the AAMAS Conference, 2008.

- [142] Hindriks, K., Jonker, C., Tykhonov, D., “*Using opponent models for efficient negotiation (extended abstract)*”, In Decker, Sichman, Sierra, Castelfranchi (eds.) Proc. of 8th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS), 2009.
- [143] Watkins, C.J., Dayan, P., “*Q-learning*”, Machine Learning, 8(3-4), pp. 279-292, 1992.
- [144] Li, J., Yahyapour, R., “*A strategic negotiation model for grid scheduling*”, International Transactions on Systems Science and Applications, 1(4), pp. 411-420, 2006.
- [145] Raeesy, Z., Brzostowski, J., Kowalczyk, R., “*Towards a fuzzy-based model for human-like multi-agent negotiation*”, In Proc. of the IEEE/WIC/ACM Int. Conf. on Intelligent Agent Technology, pp. 515–519, 2007.
- [146] Carbo, J., Lopez, M.M, Muro, J. D., “*Reaching agreements through fuzzy counter-offers*”, In Proc. Int. Conf. on Web Engineering, pp. 90–93, 2003.
- [147] Lin, R., Kraus, S., Wilkenfeld, J., Barry, J., “*Negotiating with bounded rational agents in environments with incomplete information using an automated agent*”, Artificial Intelligence Journal, 172(6-7), pp. 823–851, 2008.
- [148] Dubois, D., Prade, H., Sabbadin, R., “*Decision-theoretic foundations of qualitative possibility theory*”, European Journal of Operational Research, no. 128, pp. 459–478, 2001.
- [149] Tennenholtz, M., “*On stable social laws and qualitative equilibrium for risk-averse agents*”, in KR, pp. 553–561, 1996.
- [150] Luce, R.D., “*Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis*”, John Wiley & Sons, New York, 1959.
- [151] Riley, J. G., Samuelson, W. F., “*Optimal Auctions*”, American Economic Review, no. 71, pp. 381-392, 1981.
- [152] Klemperer, P., “*Why every economist should learn some auction theory*”, In M. Dewatripont, L. Hansen, and S. Turnovsky, (eds.), Advances in Economics and Econometrics: Invited Lectures to 8th World Congress of the Econometric Society. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2003.
- [153] Harrenstein, B. P., de Weerd, M. M., Conitzer, V., “*A qualitative vickrey auction*”, In The 10th ACM Conference on Electronic Commerce, pp. 197-206, ACM, 2009.
- [154] Fudenberg, D., Tirole, J., “*Game Theory*”, MIT Press, 1991.
- [155] Bulow, J., Klemperer, P., “*Auctions versus negotiations*”, American Economic Review no. 86, pp. 180–194, 1996.
- [156] Hindriks, K., Tykhonov, D., de Weerd, M., “*Qualitative one-to-many multi-issue negotiation: Approximating the QVA*”, Group Decision and Negotiation, pp. 1-29, 2010.
- [157] Kolmogorov, A., “*Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione*”, Giornale dell’ Istituto Italiano degli Attuari, no. 4, pp. 83–91, 1933.
- [158] Smirnov, N.V., “*Tables for estimating the goodness of fit of empirical distributions*”, Annals of Mathematical Statistic, no. 19, pp. 279-281, 1948.
- [159] Șerban, L.D., Ștefanache C.M., Silaghi G.C., Litan, C.M., “*A Qualitative Ascending Protocol for Multi-Issue One-to-Many Negotiations*”, Proceedings of the 4th International Workshop on Agent-Based Complex Automated Negotiations, ACAN 2011, in conjunction with AAMAS 2011 conference, 2-6 May 2011, Taipei, Taiwan (to be published by Springer in 2012, indexed ISI).
- [160] Ștefanache, C.M., “*A Market-Based Approach of Efficient Resource Allocation Mechanisms in Collaborative Peer-to-Peer Systems*”, Economy Informatics Journal, Infocrec, 2010, indexed BDI.
- [161] Ștefanache, C.M., “*Intelligent Negotiation Strategies for Efficient Service Trading in Open Computing Systems*”, Workshop Intelligent Decision Support Systems, Cluj-Napoca, 2010.

[162] Ștefanache C. M., Simon A. M., Nagy I.M., Sitar-Tăut D.A., “*An Approach of Implementing a Virtual Hotel Organization Using Web Services Technology*”, Ambient Intelligence Perspectives, IOS Press, pp. 211-220, 2009, indexed ISI.

[163] Ștefanache C.M., Silaghi G.C., Litan C.M., “*Automated Average Cycle Length Detection in Chaotic Time Series*”, International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation, Liverpool, England, IEEE Digital Library, pp. 140-145, 2010, indexed BDI.