

Case Study: Bilateral Multi-attribute Negotiation based on Autonomous Software Agents

Asist. Ana-Ramona LUPU

Catedra de Informatică Economică., A.S.E. București

We intended to analyze the behavior of an agent-based market where agents apply various negotiation strategies: competitive, collaborative, compromising, accommodating, avoiding. A feedback mechanism was introduced in order to take somehow into consideration the importance of inter-agent relationships. The experimental results were evaluated based on the total utility and on the distribution of utility among agents and they proved that competitive agents got the best utilities, not only for themselves, but also for the total utility of the negotiation in which they were involved.

Keywords: bilateral negotiation, software agent, automated negotiation

Prezentarea pieței

Acest studiu de caz își propune urmărirea unei piețe de agenți autonomi în cazul adoptării diferitor strategii de negociere. Experimentele realizate până în prezent bazate pe agenți autonomi pentru negociere automată au fost numeroase, dar au urmărit în mod special eficiența mecanismului de licitație în atingerea prețului de echilibru [Jennings și, 2000].

Automatizarea datorată agenților a condus însă la o reducere a diferențierilor pe piață și la o deteriorare a relațiilor interpersonale, produsele și serviciile fiind privite ca o simplă marfă, iar structura pieței are o contribuție majoră în acest proces.

O alternativă care ar putea reintroduce personalizarea și importanța relațiilor interpersonale o reprezintă piețele de negociere bilaterală, care nu fac cunoscut tuturor agenților prețul obținut în tranzacții. Teoria utilității multiatribut sugerează că pot fi obținute câștiguri comune prin luarea în considerare a mai multor atribute ale produsului, și oferă strategii de obținere a acestora [Guttman, Maes, 1998]. Aceasta se bazează pe un moderator central care să impună corectitudine și să prevină tehnicile de negociere distructive. În acest caz, se va urmări posibilitățile de realizare a câștigului colaborativ și când în negociere sunt implicați competitori necolaborativi.

Agenții pentru negociere automată au fost dezvoltați în Java, pe baza pachetului de

funcții prezentat în [Bigus, Bigus, 2001]. Acest pachet cuprinde rutine pentru dezvoltarea de agenți (listener, timer) care pot să opereze în fire de execuție diferite și să comunice în mod eficient. A fost inclus și un pachet de rutine de inferență bazată pe reguli de producție folosit pentru implementarea motorului de inferență al agenților.

Pe baza acestor elemente, a fost dezvoltată o aplicație pentru gestionarea unei piețe. Aplicația era inițial formată dintr-un agent facilitator care intermedia comunicarea între agenții de negociere, clasele utilizate pentru transmiterea de mesaje și o clasă de negociere care păstra starea internă a negocierii. Au fost construiți și adăugați în aplicație agenți de tip vânzător și cumpărător care prezintă cinci tipuri diferite de stiluri de negociere [Dubeck, 2001]:

1. *Competitivă.* Negocierea competitivă este caracterizată prin accentul pus pe rezultatul personal, ignorând complet rezultatul obținut de oponent sau relația cu acesta. Un agent competitiv va încerca să „păcălească” agentul oponent, lăsându-i impresia că un anumit atribut nu este important pentru el sau că valoarea sa de renunțare este mult mai apropiată de valoarea ofertei decât este în realitate. De obicei acet tip de agent nu face concesii, sau dacă le face, ele sunt foarte mici. Efectele negative afectează puternic relațiile între agenți.

2. *Colaborativă.* Negocierea colaborativă pleacă de la ideea că ambii parteneri impli-

cați în negociere trebuie să câștige, contrazi-când oarecum ideea jocului cu sumă zero, conform căruia câștigul unei părți înseamnă întotdeauna o pierdere pentru cealaltă parte implicată în negociere. Un agent care adoptă un stil colaborativ de negociere va încerca să determine obiectivele agentului oponent pentru a identifica elemente comune, asupra cărora să concentreze procesul de negociere. Adesea se renunță la un atribut de negociere în favoarea altuia. Este un stil de negociere care conduce la rezultate pozitive și la crearea unei relații bune între agenți.

3. *Bazată pe compromis.* Negocierea bazată pe compromis pleacă de la ideea găririi rapide, cu un minim de efort a unei soluții simple și echitabile. Este acceptat faptul că obiectivele vor fi doar parțial atinse și ambele părți implicate în negociere sunt dispuse la concesiuni, considerându-se că realizarea unui acord este oricum mai bună decât neîncheierea nici unui acord.

4. *Bazată pe acomodare.* Negocierea bazată pe acomodare acordă o importanță mult mai mare relațiilor interpersonale între agenți decât rezultatului obținut în urma negocierii. Așadar, deși din punct de vedere economic, acest stil de negociere nu pare să conducă la un câștig, beneficiile pot proveni ulterior din buna reputație și relațiilor bune cu partea cealaltă.

5. *Bazată pe evitare.* În cazul adoptării unui stil de negociere bazată pe evitare, agentul va renunța la participarea la negociere. Această opțiune este adoptată în cazul unui mediu ostil, în care nu există nici o alternativă de acord care să fie în favoarea agentului respectiv, astfel încât este de preferat lipsa oricărei negocieri.

Fiecare agent negociază două atribute ale unui produs: prețul și valoarea pe o singură piață și pentru fiecare articol tranzacționat, iar pentru fiecare dintre aceste atribute sunt stabilite următoarele valori: valoarea inițială; valoarea țintă; valoarea de renunțare la negociere.

Teoria negocierii prezintă doi factori principali care influențează procesul de negociere: rezultatul procesului de negociere și relațiile existente între participanți. Pentru a surprinde

cel de-al doilea aspect a fost introdus conceptul de *feedback al negocierii*, în sensul realizării unei evaluări a fiecărui agent pe baza nivelului de mulțumire obținut de agenții oponenți în procesele de negociere anterioare. Mecanismul de feedback se bazează pe înregistrările păstrate într-o bază de date de evaluări pentru fiecare agent. În momentul în care un agent încheie un acord se calculează utilitatea tranzacției respective, urmând ca în baza de date să se actualizeze evaluarea agentului partener cu media între vechea evaluare și noua utilitate obținută în cadrul tranzacției. Această evaluare este utilizată de agenți în luarea deciziei de a negocia sau nu cu un anumit agent.

A fost urmărită și distribuția utilității între agenți. Teoria negocierii spune că în cazul în care calitatea relațiilor nu este importantă (lipsește feedback-ul), strategia de negociere cea mai eficientă este cea competitivă, agentul competitiv obținând un rezultat și o utilitate mult mai bună.

În cazul în care relațiile între parteneri contează (prezența feedback-ului), strategia competitivă va fi influențată de feedback-ul negativ primit de la ceilalți agenți, astfel încât această variantă nu va mai conduce la un rezultat și la o utilitate suficient de bune.

Procesul de negociere

Plecând de la aplicația dezvoltată inițial în se utilizează un agent facilitator central care intermediază comunicarea între agenți vânzători și cumpărători. Toți agenții vânzători trebuie înregistrați de către facilitator și trebuie să își declare bunurile sau serviciile destinate vânzării. Cumpărătorii se adresează agentului central pentru a primi o recomandare asupra vânzătorului pe care să îl contacteze. Agentul facilitator rulează alternativ în firele de așteptare ale vânzătorului și cumpărătorului prin sincronizarea mesajelor de tip *Event*. Principala sa funcție este să recomande cumpărătorilor vânzătorii disponibili pentru negociere și să direcționeze mesajele între aceștia. În momentul în care un cumpărător solicită o recomandare, facilitatorul verifică lista vânzătorilor care oferă produsul respectiv și selectează în mod aleator unul dintre aceștia

pentru a-l recomanda. Facilitatorul realizează o contorizare a numărului de negocieri, astfel încât după ce este

Procesul de negociere se desfășoară după cum urmează:

1. Cumpărătorul trimite un mesaj cu performativa *recommend-one* către facilitator solicitând un vânzător pentru un produs.

2. Dacă găsește vânzatori facilitatorul selectează în mod aleator unul dintre aceștia și trimite un mesaj *tell* către cumpărător, specificând numele vânzătorului. Dacă nu găsește nici un vânzător, trimite un mesaj *deny* către cumpărător, refuzând negocierea.

3. Prin intermediul facilitatorului, cumpărătorul trimite un mesaj *ask* către vânzător, întrebând dacă are produsul de vânzare.

4. Vânzătorul poate să trimită un mesaj *make-offer* prin care să realizeze o ofertă inițială, sau un mesaj *deny*, prin care să refuze negocierea.

5. Cumpărătorul acceptă valoarea propusă răspunzând cu un mesaj *accept*, face o contraofertă trimițând un mesaj *make-offer* vânzătorului sau poate să transmită un mesaj *share* cu informații despre valoarea țintă, valoarea de renunțare la negociere și o evaluare a atributelor produsului.

6. Vânzătorul are patru opțiuni: printr-un mesaj *accept* acceptă oferta, printr-un mesaj *make-offer* face o contraofertă, printr-un mesaj *share* oferă informații sau printr-un mesaj *reject* respinge negocierea. În primul caz negocierea se încheie cu succes, iar în ultimul cu eșec.

Se pleacă de la ideea că fiecare agent este interesat să cumpere un singur produs la un moment dat. Atributele care fac subiectul negocierii sunt prețul și durata de realizare a unei comenzi. Pentru fiecare din aceste atribute, agentul are o valoare inițială, o valoare țintă și o valoare de rezervă, la care renunță la negociere. Se presupune că cele două atribute se compensează între ele și fiecărui agent i se asociază o *rată de compensare* a prețului în raport cu durata, care are o valoare între 0 și 1, reprezentând procentul din utilitatea totală datorat prețului.

Pentru a-și determina acțiunile viitoare în cadrul negocierii, fiecare agent deține o bază de

reguli de producție și este folosit *mecanismul de înlănțuire înainte* bazat pe reguli de producție.

Agenții pot dezvălui informații despre valorile inițiale, țintă, de rezervă/ renunțare și chiar a ratei de compensare în ceea ce privește cele două atribute, prin mesaje cu performativa *share*. A fost impusă condiția ca dezvăluirea valorilor să nu poată avea loc în prima rundă de negociere și să fie obligatoriu urmată de dezvăluirea valorilor respective și de către celălalt agent implicat în negociere.

Evaluările pe parcursul negocierii se realizează cu ajutorul unei funcții de utilitate. Funcția de utilitate pentru fiecare atribut:

$$\text{Utilitatea}_i^x(t) = \frac{(o_i^x(t) - r_i^x)}{(t_i^x - r_i^x)},$$

unde: x - este atributul, preț sau durată; i – este agentul; $o_i^x(t)$ - oferta primită de agentul i pentru atributul x la momentul t ; r_i^x - valoarea de de renunțare la negociere al agentului i pentru atributul x ; t_i^x - valoarea țintă a agentului i pentru atributul x .

În momentul în care oferta este egală cu valoarea de renunțare, utilitatea negocierii este minimă, egală cu 0, ceea ce semnifică faptul că agentul nu acceptă o ofertă mai proastă decât valoarea de renunțare. Dacă oferta este egală cu valoarea țintă, utilitatea este 1.

Utilitatea globală se calculează pe baza utilității fiecărui atribut și a ratei de compensare.

$$\text{Utilitatea}_i(t) = C_i * \text{Utilitatea}_i^{\text{pret}}(t) + (1 - C_i) * \text{Utilitatea}_i^{\text{viteza}}(t)$$

unde : C_i - valoarea de compensare.

Rezultate experimentale

Pentru atributul preț au fost luate valori în intervalul [100;200], iar pentru durata de realizare valori din intervalul [1;100]. Pentru a fi obținute intrări din întreg spațiul de valori, pentru fiecare atribut intervalul a fost împărțit în trei intervale, rezultând astfel nouă zone. Din fiecare din aceste zone a fost ales un punct în mod aleator. A fost realizat următorul grafic, în care pe abscisă este reprezentat prețul, iar pe ordonată durata.

Tabelul 1. Valori de intrare pentru vânzători și cumpărători

| Vanzator | Pret renuntare | Durata renuntare | Cumparator | Pret renuntare | Durata renuntare |
|----------|----------------|------------------|------------|----------------|------------------|
| V1 | 129 | 11 | C1 | 103 | 14 |
| V2 | 115 | 46 | C2 | 109 | 62 |
| V3 | 116 | 82 | C3 | 129 | 86 |
| V4 | 135 | 22 | C4 | 145 | 2 |
| V5 | 154 | 47 | C5 | 156 | 63 |
| V6 | 168 | 88 | C6 | 152 | 98 |
| V7 | 173 | 34 | C7 | 183 | 11 |
| V8 | 176 | 41 | C8 | 189 | 50 |
| V9 | 183 | 95 | C9 | 198 | 87 |

A fost delimitat oarecum și spațiul de negociere, folosindu-se simbolul de unghi drept, unde fiecare vânzător poate negocia în spațiul din dreapta jos a simbolului și fiecare cumpărător poate negocia în spațiul din stânga sus a simbolului. Pot fi astfel identificate mai multe zone în care acestea se suprapun, ca urmare este posibil un acord între cei doi.

Pentru valorile de intrare prezentate, sunt posibile 15 de acorduri între agenți: (V1, C4), (V2, C4), (V2, C7), (V4, C4), (V4, C5), (V4, C7), (V4, C8), (V5, C7), (V6, C6), (V6, C7), (V6, C8), (V7, C7), (V8, C7), (V9, C8), (V9, C9).

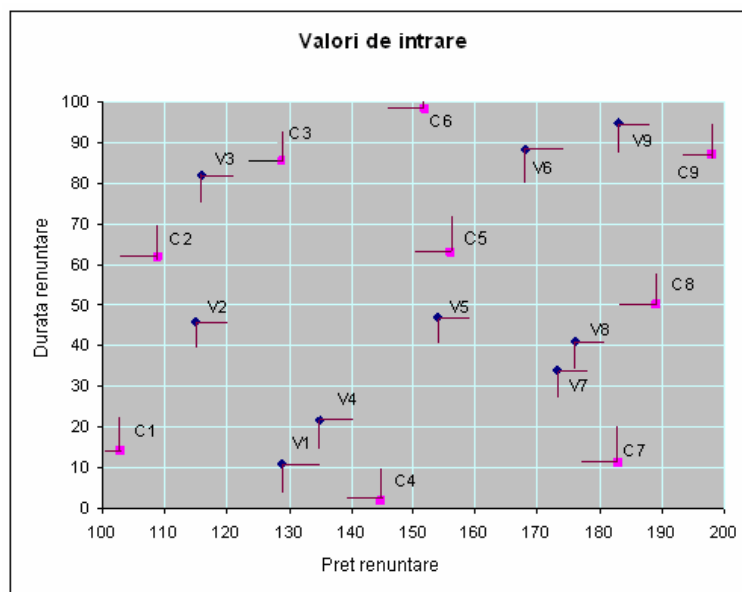


Fig.1. Valorile de intrare și spațiile de negociere posibile

Pentru analiza experimentelor a fost luată în considerare **utilitatea**, care este calculată deja pe parcursul negocierii, atât la nivel individual, cât și modul de distribuție a sa între agenți.

În cadrul fiecărei negocieri analizate participă zece agenți, cinci vânzători și cinci cumpărători, identici în ceea ce privește stocul de produse, respectiv listele de cumpărături, așa-

dar având aceleași șanse de a negocia. Diferă însă, tipurile de agenți și ratele de compensare utilizate pentru fiecare rulare. Astfel, primele cinci rulări au folosit agenți de un singur tip, urmărindu-se în mod special utilitatea totală a negocierii. A șasea simulare a folosit câte un vânzător și un cumpărător din fiecare tip și sa urmărit distribuția utilității între agenți.

Ratele de compensare sunt generate în intervalul [0;1], individual pentru fiecare dintre cei zece agenți, separat pentru fiecare rulare. Numărul maxim de iterații și numărul maxim de negocieri au fost stabilite la 100. Numărul de tranzacții încheiate de un agent nu este un factor relevant în acest caz deoa-

rece depinde mai mult de norocul de a face pereche cu un agent cu valori de renunțare compatibile, ceea ce este determinat de rezultatul selecției aleatoare pe care o realizează agentul facilitator. Acesta va fi folosit însă pentru a normaliza utilitatea totală obținută într-o simulare.

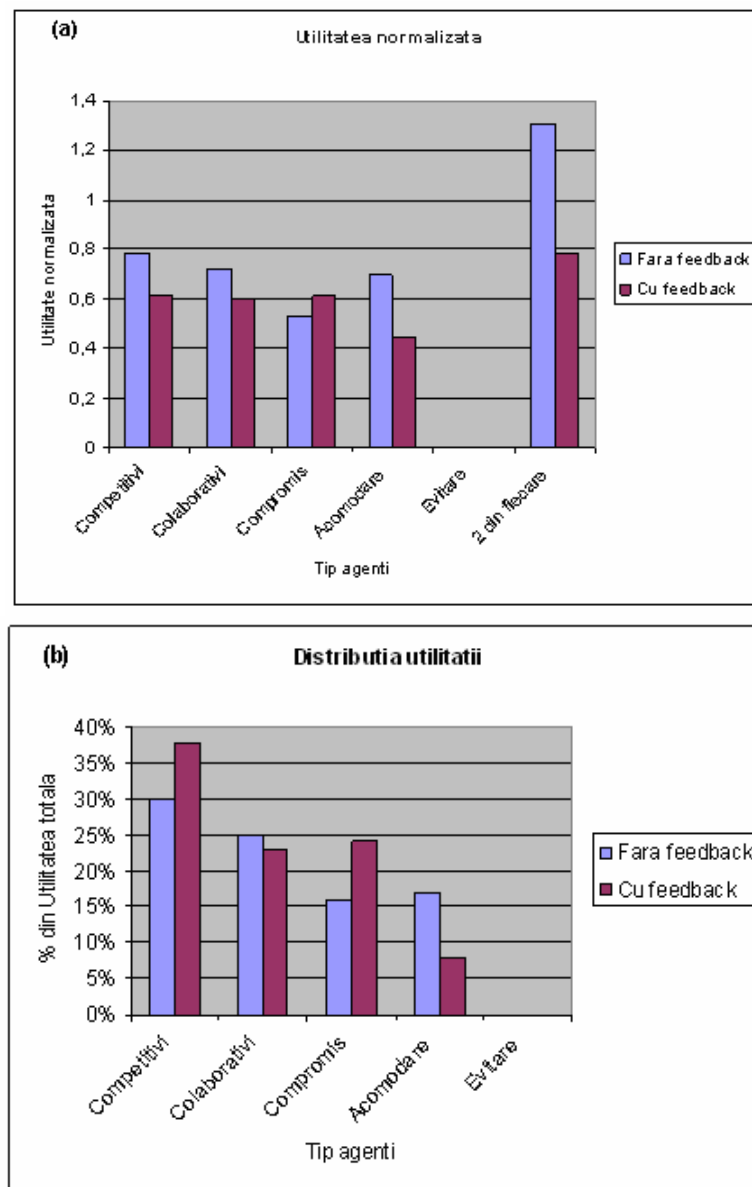


Fig.2. (a)Utilitatea totală; (b) Distribuția utilității

Cel mai înalt nivel de utilitate totală pe piețele cu un singur tip de agenți a fost obținut de agenții competitivi, care încearcă maximizarea utilității proprii (și converg spre o soluție optimală), și respectiv cei colaborativi, care urmăresc maximizarea utilității totale. Agenții de compromis au încercat pentru ambele atribute valori care să fie la mijlocul interva-

lului, fără a ține cont de ratele de compensare, și ca urmare valorile obținute sunt suboptimale. Agenții de acomodare în încercarea de a maximiza utilitatea altor agenți au cedat prea mult, obținând de asemenea soluții suboptimale. După cum era de așteptat, agenții cu strategie de evitare au obținut utilitatea ze-

ro, deoarece nici măcar nu au încercat o negociere.

Piața care combină agenți de toate tipurile este însă, de departe, cea mai "productivă" din punct de vedere al utilității. Explicația este compensarea care apare între comportamentele agenților: agenții competitivi și colaborativi pot să "profite" de pe urma agenților cu comportament de compromis sau de acomodare, generând astfel utilități foarte ridicate.

Mecanismul de feedback a introdus o scădere de utilitate în toate cazurile, mai ales în cazul agenților combinați. În plus, pentru cazurile agenților de compromis și de acomodare, acesta conduce la o creștere a traficului între agenți, datorită rezultatelor pozitive pe care ei le acordă.

În cazul pieței mixte, distribuția utilității înclină în mod clar în favoarea agentului competitiv, dar și strategia agentului colaborativ a condus la o bună utilitate. Strategia de compromis, bazată pe imitarea comportamentului oponentului în ceea ce privește concesiile a condus la o asumare a comportamentului mai agresiv al oponentilor de tip competitiv sau colaborativ. În cazul agentului de acomodare, datorită rezultatului pozitiv oferit a avut loc o creștere a numărului de tranzacții, ceea ce nu a condus la o creștere a utilității, deoarece șansa de a avea un partener competitiv a fost mai mică.

Concluzie

Utilitatea acestor experimente poate fi, pe de o parte dezvoltarea de agenți de negociere mai performanți destinați negocierilor pe Internet, iar pe de altă parte poate fi utilizat pentru o mai bună înțelegere a teoriei negocierii și deciziilor multiatribut.

Se poate observa că, deși teoria negocierii privește comportamentul competitiv ca fiind complet egoist, fără nici un interes față de ceilalți, experimental de față a demonstrat că utilizarea agenților competitivi a condus la rezultate bune, maximizând și utilitatea pieței, nu numai a lor proprie.

Pe de altă parte, deși mecanismul de feedback are efect asupra modului de operare pe piață, acesta nu este însoțit de efectul de creș-

tere a utilității, ci face piața mai puțin eficientă prin penalizarea acelor agenți care au condus la maximizarea utilității. Asupra agenților cu strategie de evitare are chiar un efect negativ, prin dirijarea mai multor negocieri spre acești agenți, urmată de concesiuni mai mari, care se materializează în final într-o utilitate mai scăzută.

Bibliografie

- [Bigus, Bigus, 2001] Bigus, JP, Bigus, J. - *Constructing Intelligent Agents using Java, second edition*, John Wiley & Sons, 2001;
- [Dubeck, 2001] Dubeck, M. - *Negotiation Strategies and Market Efficiency Among Autonomous Negotiating Agents*, mai, 2001;
- [Guttman, Maes, 1998] Guttman, RH, Maes, P. - *Agent-mediated integrative negotiation for retail electronic commerce*, Proceedings of the Workshop on Agent Mediated Electronic Trading (AMET '98), Minneapolis, mai, 1998;
- [Jennings și, 2000] Jennings, N.R., Faratin, P., Lomuscio, A.R., Parsons, S., Sierra, C., Wooldridge, W. - *Automated Negotiation: Prospects, Methods and Challenges*, Journal of Group Decision and Negotiation, 2000.