

# ■ Pomen odločitvenih modelov za pogajanja v e-poslovanju

Andrej Bregar, Matjaž B. Jurič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Smetanova ulica 17, Maribor  
andrej.bregar@uni-mb.si, matjaz.juric@uni-mb.si

## Povzetek

Z informacijskimi tehnologijami podprta nerutinska poslovna opravila, kakršna so povpraševanja po naročnikovim potrebam karseda prilagojenih storitvah na elektronskem trgu, zahtevajo avtomatizirana pogajanja, ki verodostojno ujamejo večkriterijske preferenčne strukture vseh potencialnih partnerjev. Zato so v prispevku predstavljene temeljne pogajalske strategije in metode večkriterijske odločitvene analize, po katerih posegajo agenti ponudnikov in odjemalcev storitev, da bi dosegli soglasje glede transakcij, ki maksimizirajo korist vseh udeleženih strani.

**Ključne besede:** poslovanje B2B in B2C, avtomatizacija pogajanj, pogajalske strategije, večkriterijska odločitvena analiza, podpora odločanju, agenti

## Abstract

### THE ROLE OF DECISION MODELS IN AUTOMATED NEGOTIATIONS FOR E-BUSINESS

Information technology supported non-routine business tasks, such as provision of services/products which are available on the electronic market in the form highly customized to the needs of clients, require automated negotiations that credibly capture preference structures of all potential partners. Thus, fundamental negotiation strategies and multiple criteria decision-making methods are presented. They can be applied by agents of service providers and customers in order to reach the agreement on transactions that maximize the utility of all involved parties.

**Keywords:** B2B and B2C e-commerce, negotiation automation, negotiation strategies, multi-criteria decision analysis, decision support, agents

## 1 UVOD

Zadnja leta smo priča valu poslovanja B2B in B2C prek spleta [8]. Večina trenutnih sistemov za e-poslovanje predstavlja zgolj pasivne kataloge, ki omogočajo nakupovanje proizvodov in koriščenje storitev pod vnaprej določenimi nefleksibilnimi pogoji [11]. Opazno manjši je delež aktivnih aplikacij e-poslovanja, ki so zmožne posredovati pri sklepanju pogodb ali pomagati pri odločanju o tem, kakšne proizvode/storitve potrebuje kupec. Toda bistvena pomanjkljivost tovrstnih sistemov je, da se osredotočajo predvsem na zagotavljanje čim bolj ugodne cene. Četudi je le-ta pomemben vidik transakcij, je treba v praksi upoštevati še številne druge dejavnike. Podjetja želijo pridobiti in ohranjati stalne stranke, ki jih zanimajo poleg cene tudi garancijski pogoji, rok dobave, renome in zgodovina poslovanja ponudnika ipd. Zato je potrebna programska oprema, ki upošteva različne kriterije, relevantne za uporabnike na obeh straneh, in za katero je neizogibno zagotoviti maksimizacijo koristi, omogočiti kompenzacijo kriterijev ter dopustiti, da cena ne bo najbolj pomembna.

Tem zahtevam je mogoče zadostiti z aplikacijo metod večkriterijske odločitvene analize, ki so že vrsto let eden od temeljev sistemov za podporo odločanju

[12, 14]. Bistveno je, da te metode niso statične. Na podlagi opazovanja preferenc in obnašanja kupcev lahko namreč z namenom povečanja njihovega zadovoljstva sistemi e-poslovanja v realnem času spreminjajo pogoje prodaje proizvodov oziroma storitev [10]. Ker pa so prisiljeni gledati tudi na svojo korist, morajo vplivati na odločitve kupcev, še preden ti zaključijo s transakcijami. To daje motivacijo za razvoj inteligentnih agentnih sistemov; če so agenti avtonomni, se lahko pogajajo v imenu svojih lastnikov – ponudnikov in odjemalcev storitev. Podlaga za formalno pogajalsko analizo so prav metode večkriterijskega odločanja [13].

## 2 AVTOMATIZIRANA POGAJANJA

Pogajanje je proces, v katerem skupina ljudi/agentov medsebojno komunicira z namenom, da bi zadostili skupnim ciljem, ki premoščajo potencialno delno nezdružljive individualne cilje [11, 13, 17]. Ker avtomatizacija pogajanj občutno skrajša čas, ki je zanje potreben, in ker hkrati učinkovito odpravlja nezainte-



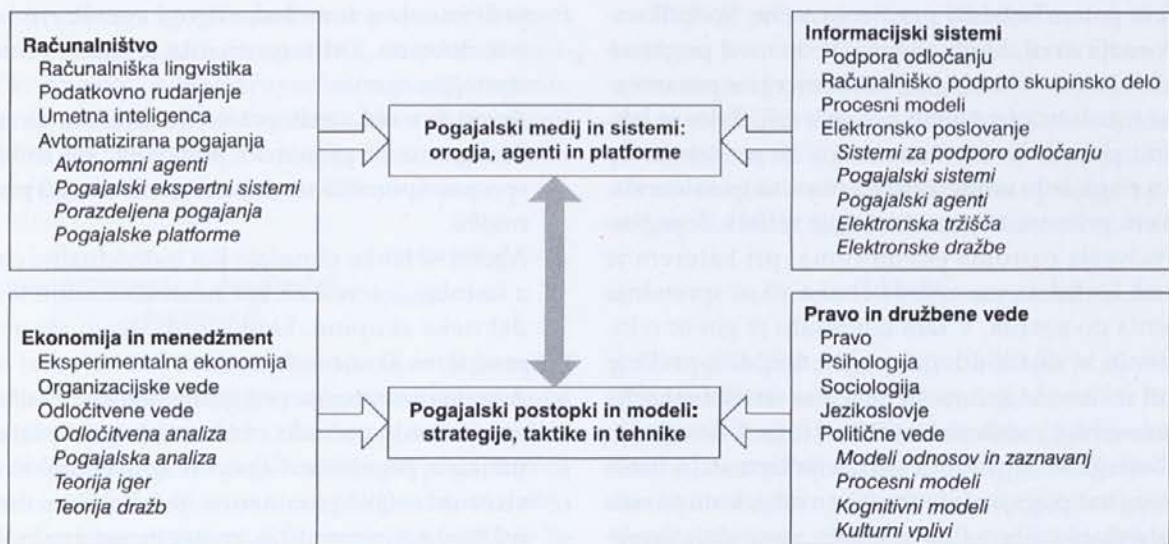
resiranost ljudi, postajajo pogajanja koordinacijski mehanizem za interakcijo med prodajalci in kupci na elektronskih tržiščih. Formalizacija pogajanj je tako kritični dejavnik uspeha elektronskih tržišč in je deležna precejšnje pozornosti znotraj domene agentnih sistemov e-poslovanja. Vendar kljub občutnemu napredku v zadnjih letih podpora pogajanjem v neki meri še vedno ostaja pomemben izziv e-poslovanja B2B in B2C [20]. To je predvsem posledica dejstva, da je mnogokrat pogajalske procese težje formalizirati kakor klasične poslovne procese. Kompleksnost domene pojasnjuje slika 1 [2], ki prikazuje njeno interdisciplinarnost in medsebojne vplive različnih področij znanosti.

Posledica interdisciplinarnosti je obstoj množice raznolikih elektronskih sistemov pogajanja, ki jih formalno kategorizira montrealška taksonomija [17]. V praksi prihaja najpogosteje do zamenjav med elektronskimi pogajanci in avkcijami (dražbami), kajti besedišče velikokrat iz propagandnih razlogov tvorijo marketinški oddelki razvijalcev programske opreme. Avkcije so ozko usmerjene in upoštevajo ceno kot edini kriterij. Po drugi strani vpeljujejo pogajanja različne mehanizme, kot so večkriterijsko izražanje preferenc, kompenzacija med kriteriji, simultano izboljševanje zaželenosti, ki vodi v situacije, v katerih pridobijo vse udeležene strani (*»win-win«*) itd. Za pogajanja prav tako velja, da kot podlaga za izmenjavo storitev in dobrin niso relevantna zgolj za poslovni svet, temveč

predstavljajo primerno obliko skupinskega odločanja tudi v nekomercialnih – recimo političnih in pravnih – domenah.

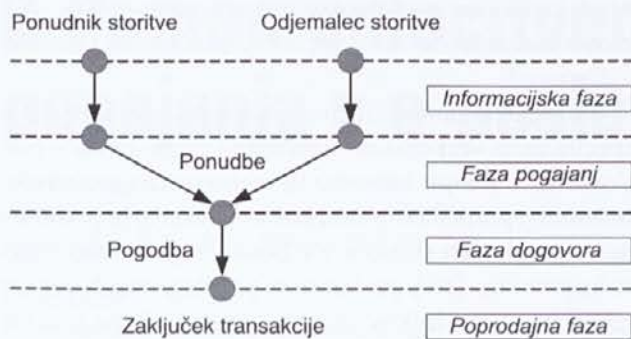
Poleg avkcij, katerih popularnost je rezultirala v specifičnem »avkcijskokentričnem« pogledu na e-poslovanje, v sklopu katerega je vsaka izmenjava strukturiranih sporočil obravnavana kot avkcija, je pomemben tip spletnih storitev v e-poslovanju primerjalno nakupovanje [10], pri katerem je integriranih več trgovin oz. ponudnikov storitev, uporabnik pa ima en vmesnik za povpraševanja, posredovana vsakemu od njih. Najboljša ponudba je izbrana s pogajanci.

Proces pogajanja je v poslovnih aplikacijah sestavni del procesa dogovarjanja dveh ali več agentov glede koriščenja storitev oziroma nakupa proizvodov in ga je mogoče umestiti v širši kontekst tržnih transakcij, kot je razvidno iz slike 2 [8]. Proces poteka v več korakih. V posameznem koraku je dogovor lahko sprejet ali ne. Če ni, pride do podajanja protiponudb. Princip pogajanja tako temelji na spremembi ponudbe agenta (kar je zanj manj ugodno), da bi bila dosežena sprememba ponudb drugih agentov. Iz tega razloga morajo agenti ocenjevati protiponudbe in se odločiti glede na lastno pogajalsko strategijo o izvedbi nadaljnjih akcij. Formalno je ponudba *n*-terica elementov, ki predstavljajo kriterije, kot so cena, garancija ali čas dobave, in so korelirani z določeno mero ustreznosti, najpogosteje s funkcijo koristnosti ali mehkim prednostnim indeksom.



Slika 1: Shematska ponazoritev področij pogajanj





Slika 2: Faze tržnih transakcij

Mehanizem pogajanja združuje pogajalski protokol in pogajalsko strategijo agentov [2]. Imeti mora nekaj značilnosti, med katerimi sta iz vidika teorije odločanja najpomembnejši:

- *individualna racionalnost*, ki pomeni, da agent sodeluje v pogajanjih samo, če je to v njegovem lastnem interesu, in
- *Pareto učinkovitost*, ki pravi, da je rezultat učinkovit, če ne obstaja neki drugi rezultat, ki je bolj ugoden za enega agenta in hkrati ni manj ugoden za drugega agenta.

Agenti se morajo najprej v sklopu t. i. metapogajanja zediniti glede protokola, ki strukturira proces, vpeljuje pravila dopustnega obnašanja udeležencev in določa pogoje, pod katerimi nastopi interakcija med njimi. Tako je opredeljeno, kakšne pogodbe smejo biti sprejete in kakšne sekvence ponudb so dovoljene. Šele potem se lahko pogajanje začne. Specifikacija zaporedja akcij, ki jih agent izvede med pogajanjem, je določena s strategijo, pri čemer je s posameznim protokolom združljivih več strategij. Tako se lahko agent pogodi že v prvem krogu ali pa vztraja do preteka pogajanja namenjenega časovnega intervala. V vsakem primeru morajo strategije težiti k doseganju ravnovesja oziroma ekvilibriuma, pri katerem je vrednost bodisi za vse agente enaka ali se spreminja od agenta do agenta. V tem kontekstu je govor o integrativnih in distributivnih pogajanjih. Cilj prvih je poiskati rešitev, ki zadovolji prav vse strani (situacija tipa »win-win«), medtem ko težijo druga k doseganju učinkovitega kompromisa (situacija tipa »win-lose«) [20]. Rezultat pogajanja je torej konsenz, kompromis ali nestrinjanje. Formalno podlago zanje daje pogajalska analiza [13], ki integrira odločitveno analizo in teorijo iger ter tako premosti neskladje med kvantita-

tivnimi/kvalitativnimi deskriptivnimi in normativnimi modeli. Sloni na progresivnem procesu, ki se začne z neučinkovito ponudbo in vodi do Pareto optimalnih rezultatov. Poudarja praktične vidike, kot so nepopolne informacije, ne povsem racionalno obnašanje in nezavezanost.

### 3 POGAJALSKI AGENTI

Protokol uvaja v proces pogajanj strukturo, ki je pogoj za delovanje avtonomnih agentov. Le-ti nadomestijo človeške pogajalce v vseh odločevalskih, komunikacijskih in pogajalskih aktivnostih. Lahko so predstavniki drugih entitet ali delujejo iz svojih lastnih interesov. Ker nadzirajo celoten proces vključno s specifikacijo ponudb in sprejemanjem končnih odločitev o sklenitvi ali zavrnitvi sporazuma, morajo poleg splošnih lastnosti agentov – avtomatizacije dela, zavedanja, zmožnosti učenja in sodelovanja, avtonomnosti, prilagodljivosti, mobilnosti ter inteligence – imeti tudi sposobnost ocenitve lastnih preferenc, tako da zmorejo vrednotiti različne dogovore in izbirati med njimi. To pa kličo po implementaciji ustreznih odločitvenih metod. Značilnosti agentov, ki realizirajo avtomatizirana pogajanja, so [11]:

- Agent ima lahko vlogo kupca, prodajalca ali posrednika.
- Racionalnost agenta je lahko popolna ali omejena. Če je popolna, je zmožen opraviti poljubno število kompleksnih izračunov v končnem časovnem intervalu.
- Agent poseduje znanje o dobrinah in potencialno tudi znanje o tem, kako drugi agenti vrednotijo iste dobrine. Od tega znanja je močno odvisna strategija agenta.
- Agent je v nekaterih primerih zavezan, da po podani ponudbi preneha s pogajanjem, vse dokler ne sprejme sporočila o odobritvi ponudbe ali protiponudbe.
- Agenti se lahko obnašajo kot individualne entitete z lastnimi interesi ali kot nesebične entitete, ki so del neke skupine. Lahko tudi iščejo ravnovesje med tema skrajnostima.
- Agentova strategija pogajanja odloča o dajanju in sprejemanju ponudb, oblikovanju protiponudb in umiku iz pogajanja. Čeprav je konceptualno neodvisna od ostalih parametrov, je v določeni meri korelirana z zavezanostjo, znanjem, racionalnostjo in socialnim obnašanjem. Bistvena predpostavka je, da so agenti individualno racionalni, zaradi česar



ne sprejemajo dogovorov, na podlagi katerih bodo na slabšem, kot so sicer.

## 4 ODLOČITVENI MODELI ZA AVTOMATIZIRANA POGAJANJA

Elektronska pogajanja zahtevajo od avtonomnih agentov sprejemanje odločitev [9]. Pri tem so aplicirane metode iz domene odločitvene analize, posebej več-atributne teorije koristnosti [12].

### 4.1 Temeljne odločitvene metode

Kot temeljna preskriptivna teorija, ki določa, na kakšen način naj bi bile odločitve sprejete, da bi maksimizirale korist, je bila večatributna teorija koristnosti aplicirana v različnih tipih pogajanj. Kot primerna se je izkazala tako za kooperativne kot nekooperativne domene in za različne možne kardinalnosti interakcij – »ena proti ena«, »več proti ena« in »več proti več« [11]. Četudi so v praksi najpogostejša pogajanja tipa »več proti ena«, ki so značilna za dražbe, v sklopu katerih en agent prodaja, drugi pa kupujejo, ali primerjava proizvodov/storitev, kjer en agent kupuje, medtem ko jih več prodaja, je že najpreprostejši scenarij pogajanj tipa »ena proti ena« v kooperativnih domenah tako zapleten, da zaradi specifičnih težav, kakršna je možnost več ravnovesij, zahteva upoštevanje konceptov kompleksnejših scenarijev. K temu scenariju pristopa protokol monotonega popuščanja (*monotonic concession protocol*), ki operira na prostoru pogodb, ki so hkrati individualno racionalne in Pareto optimalne. Agenti skušata maksimizirati svoje koristi in se pogajata v krogih, pri čemer posamezni agent v vsakem krogu izgubi, kar pomeni, da ponudi možnost, ki da večjo korist drugemu in manjšo njemu. Pogajanje se konča, ko sta agenta zadovoljna z dogovorom ali ko ta spodleti. Strategija sloni na izračunu stopnje izgube ob nedoseganju kompromisa:

$$tveganje_i = \begin{cases} 1 & , \text{koristnost}_i(\delta_i) = 0, \\ \frac{\text{koristnost}_i(\delta_i) - \text{koristnost}_i(\delta_j)}{\text{koristnost}_i(\delta_i)} & , \text{sicer.} \end{cases}$$

Pri tem sta  $i$  in  $j$  indeksa agentov,  $\delta_i$  in  $\delta_j$  pa njuni ponudbi. Če je  $tveganje_i \leq tveganje_j$ , agent  $i$  poda novo zanj slabšo ponudbo, ki ravno še spremeni ravnovesje. V splošnem je ne glede na scenarij pogajanja za agenta zaradi pridobivanja strateške prednosti dobro oceniti koristnosti nasprotnih pogajalcev. To je še posebno dragoceno pri kompleksnih, dolgoročnih pogajanjih.

Pri pogajanjih, kjer je na eni strani več agentov, je najbolj običajna rešitev prav tako izračun agregiranih vrednosti z uporabo funkcije koristnosti. Protokol monotonega popuščanja je bil zato razširjen tudi na pogajanja tipa »ena proti mnogo«. Izračun stopnje tveganja upošteva v tem primeru zgolj agenta, katerega ponudba je ocenjena z najnižjo stopnjo koristnosti, kajti ta ponudba utegne pri iskanju kompromisa voditi do potencialno najizrazitejše popustitve:

$$tveganje_j = \begin{cases} 1 & , \text{koristnost}_j(\delta_j) = 0, \\ \frac{\text{koristnost}_j(\delta_j) - \min\{\text{koristnost}_j(\delta_i) \mid j \in A\}}{\text{koristnost}_j(\delta_j)} & , \text{sicer.} \end{cases}$$

Koncept Pareto učinkovitosti zagotovi blagostanje celotne skupine pogajalskih agentov le pod pogojem, da vsak agent po pravici razkrije svoje preference glede omejenih virov. Takrat je lahko vsak vir alociran natanko tistemu agentu, ki ga najbolj ceni. Vendar pa se v stvarnih pogajalskih situacijah pogosto zgodi, da popolne preferenčne informacije bodisi niso na voljo bodisi jih agenti iz strateških razlogov skrijejo oziroma poneverijo z namenom, da bi pridobili čim večji delež vira. To dejstvo upošteva Brams-Taylorjev mehanizem zmagovalca (*winner mechanism*), ki razdeli množico omejenih virov med dva ali več pogajalcev [7]. Eksperimenti so pokazali, da konvergirajo v primeru tekmovalnih preferenc in neomejenega skupnega znanja bilateralno oziroma multilateralno sprejete odločitve proti rezultatom, ki so le redko pravični. Če se večja stopnja negotovosti glede preferenc, pa se izboljšata tako pravičnost kot učinkovitost.

Najbolj preprost primer Brams-Taylorjevega mehanizma je vezan na dva pogajalca in dva vira. Naj bo  $u_i$  koristnost pogajalca  $A$ , da pridobi celoten vir  $i$ . Če mu je dodeljen delež  $a_1$  vira 1 in delež  $a_2$  vira 2, je potemtakem njegovo zadovoljstvo s sprejetim dogovorom izraženo s funkcijo koristnosti  $u_A(a_1, a_2) = a_1 u_1 + a_2 u_2$ . Ta funkcija je lahko normalizirana:

$$U_A(a_1, a_2) = \frac{u_A(a_1, a_2)}{u_1 + u_2} = a_1 \rho_A + a_2 (1 - \rho_A)$$

pri čemer velja  $0 \leq U_A(a_1, a_2) \leq 1$  in kjer je  $\rho_A = u_1 / (u_1 + u_2)$  relativna zaželenost vira 1 glede na vir 2. Agent  $A$  iz lastne koristi praviloma ne oznanja dejanske vrednosti  $\rho_A$ , temveč vrednost  $r_A = T(\rho_A)$ . Funkcija  $T$  predstavlja strategijo agenta in določa njegovo ponudbo. Upošteva ponudbi  $r_A$  in  $r_B$ , ki odražata deklarirane navidezne preference nasprotujočih si agentov  $A$  in  $B$ , razdeli Brams-Taylorjev mehanizem vire tako, da sta



navidezni koristnosti obeh pogajalcev enaki in da je alokacija virov Pareto učinkovita. Rezultat je dobljen kot rešitev problema linearnega programiranja:

$$\max_{a_1, a_2} U_a^*(a_1, a_2)$$

glede na  $U_a^*(a_1, a_2) = U_a^*(1 - a_1, 1 - a_2)$ , kjer je  $U_a^*(a_1, a_2) = a_1 r_1 + a_2 (1 - r_1)$

Pomanjkljivost pristopov na temelju funkcije koristnosti je, da se poznavanje agentovih preferenc reducira na eno samo vrednost. Posledično je razumevanje preferenc omejeno. Ta problem rešuje metoda pogajanja med enim ponudnikom storitev in več odjemalci, ki temelji tako na konceptih preferenčnega modeliranja kot tudi matematične relacijske analize [18]. V tem kvantitativnem odločitvenem modelu multilateralnega pogajanja ponudnik registrira določeno storitev na elektronskem trgu in priskrbi njen opis z ozirom na več karakterističnih kriterijev. Prodajni agent nato prejme različne ponudbe zainteresiranih potencialnih kupcev, pri čemer sestoji vsaka takšna ponudba iz vrednosti po posameznih kriterijih. Zato je prodajalec soočen s problemom izbire tistega kupca, s katerim se bo nadalje pogajal, da bi tržil storitev oziroma proizvod. Formalna analiza na osnovi parnih primerjav prodajalčevih preferenc in kupnih ponudb razkrije odvisnosti med ponudbami in hkrati izpostavi tudi odvisnosti med kriteriji. Ker je izpeljana delna razvrstitev kupcev, ki v primeru konfliktnih preferenc upošteva relacijo neprimerljivosti, so zajete vse relevantne informacije, katerih bogatost se ohranja skozi proces analize. Na njihovi osnovi lahko pogajalec identificira kupca, na katerega se mu splača fokusirati pogajanja.

Matematični postopek metode sestoji iz nekaj razmeroma preprostih operacij. Prodajni agent preslika prejete ponudbe potencialnih kupcev, ki so podane z vektorji kriterijskih vrednosti, v mehke prednosti, katere izrazi z matriko  $P$ . Primerjave vrstic matrike  $P$  izpostavijo odvisnosti med večkriterijskimi ponudbami:

$$d(P_i, P_j) = \frac{1}{n} \sum_{k=1..n} \min(1 - P_{ik} + P_{jk})$$

Na podlagi vrednosti  $d(P_i, P_j)$  je dobljena mehka binarna relacija, katere tranzitivno zaprtje je relacija kvazireda  $Q$  na množici kupcev  $B$ . Relacija  $Q$  je izostrena z  $\alpha$ -rezi, tako da za stopnjo zaupanja  $\alpha$  velja  $(b_i, b_j) \in Q_{\alpha}$  če je ponudba kupca  $b_i$  največ tako dobra kot ponudba kupca  $b_j$ . Na osnovi relacije kvazireda je

definirana ekvivalenčna relacija, ki razdeli množico  $B$  v več ekvivalenčnih razredov:

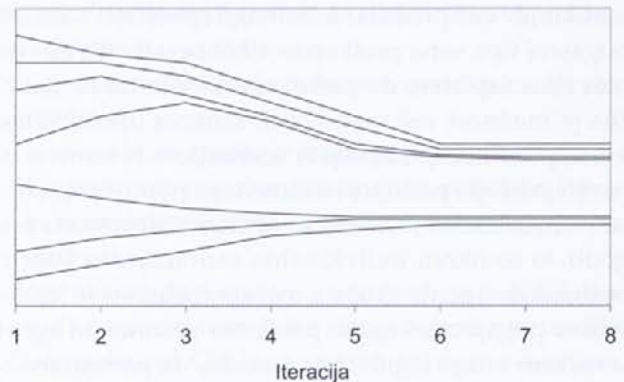
$$(b_i, b_j) \in E_{\alpha} \Leftrightarrow (b_i, b_j) \in Q_{\alpha} \wedge (b_j, b_i) \in Q_{\alpha}$$

$$[b_i]_{\alpha} = \{b_j \mid (b_i, b_j) \in E_{\alpha}\}$$

Končno inducira relacija kvazireda med ekvivalenčnimi razredi prednostno relacijo  $\leq_{\alpha}$  ki razvrsti ponudbe kupcev po zaželenosti:

$$[b_i]_{\alpha} \leq_{\alpha} [b_j]_{\alpha} \Leftrightarrow (b_i, b_j) \in Q_{\alpha}$$

Za avtomatizirana pogajanja v e-poslovanju sta zelo pomembna še dva koncepta – doseganje konsenza in formiranje koalicije agentov. Pristopi iskanja konsenza najpogosteje temeljijo na modeliranju »mehkih« mnenj [3]. V nekaterih primerih vključujejo še druge tehnike, kot na primer gručenje [15]. Aplikacija slednjega utegne rezultirati v delnem konsenzu, ki ne pomeni poenotenega mnenja vseh pogajalskih entitet, ampak izloči dve ali več skupin agentov, katerih preference se ujemajo. Slika 3 prikazuje primer razvoja delnega konsenza skozi osem iteracij.



Slika 3: Razvoj delnega konsenza

Ker nekaterih nalog ne more samostojno opraviti en sam agent, se lahko zgodi, da je potrebno dinamično formiranje koalicije več agentov. Delna rešitev problema je alokacija opravil, ki pa je možna le, če so opravila elementarna, to pomeni, da posamezen agent v celoti opravi njemu dodeljena opravila. Boljša sta pristopa na podlagi teorije iger in agregacije preferenc s Choquetovim integralom, ki upošteva interakcije med kriteriji in odvisnosti med agenti [1]. Oba pristopa sta takšna, da je doseganje koalicije zagotovljeno v vseh modelih koordinacije, vključno s kooperativnimi več-agentnimi sistemi, tekmovalnimi sistemi in nehierar-



hičnimi sistemi brez osrednjega koordinatorja agentne združbe. Za kooperativne agente velja, da brez zadržkov izmenjujejo informacije ter lahko celo opravijo naloge v imenu drugih agentov brez zahteve po vračilu uslug. Po drugi strani je v tekmovalnem večagentnem sistemu izmenjava informacij med agenti omejena. Le-ti maksimizirajo zgolj svoje lastne preferenčne funkcije.

#### 4.1 Reševanje problema izvabljanja preferenčnih informacij

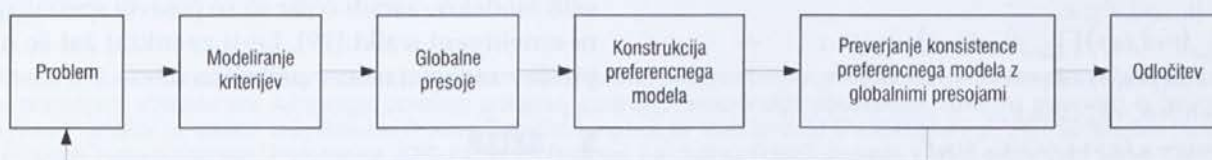
Eden temeljev odločitvene teorije je racionalnost. Čeprav principi racionalnosti in aksiomi teorije koristnosti pri ocenitvi alternativ velikokrat niso upoštevani, je omejeno racionalnost v praksi še vedno mogoče doseči, kar pa zahteva rigorozen način zbiranja informacij, na osnovi katerega je vzpostavljena verodostojna preferenčna struktura v obliki funkcije koristnosti ali prednostnih relacij. Ta naloga je še posebej težavna zaradi množice več pogosto konfliktnih kriterijev in ciljev odločanja. V večagentnih sistemih pa se problem še poglobi. Da bi lahko pogajalski proces delegirali agentu, mora namreč le-ta biti parametriziran z odločevalčevimi preferencami. Elicitacija teh preferenc z obstoječimi metodami ni zadostno avtomatizirana, zato predstavlja ozko grlo. Poleg tega delujejo sistemi e-poslovanja v dinamičnem, hitro se spreminjajočem okolju. Posledično preference tekom pogajanja ne smejo ostajati konstantne, ampak se morajo prilagajati, kajti v dinamičnem okolju so lahko samo na ta način dobljeni pozitivni rezultati, ki se odražajo v dobičku. To pa pomeni naslednje:

- izvabljanje preferenc mora biti inkrementalno;
- na začetku procesa avtomatiziranega e-poslovanja morajo biti upoštevane zgolj delne informacije, medtem ko naj bodo holistične informacije pridobljene med pogajanjem na podlagi že ovrednotenih alternativ in uspešnosti izvršenih transakcij;

- agenti se morajo skozi proces pogajanja učiti in prilagajati svoje preferenčne strukture;
- vnaprej je zelo težko pravilno matematično specificirati preference.

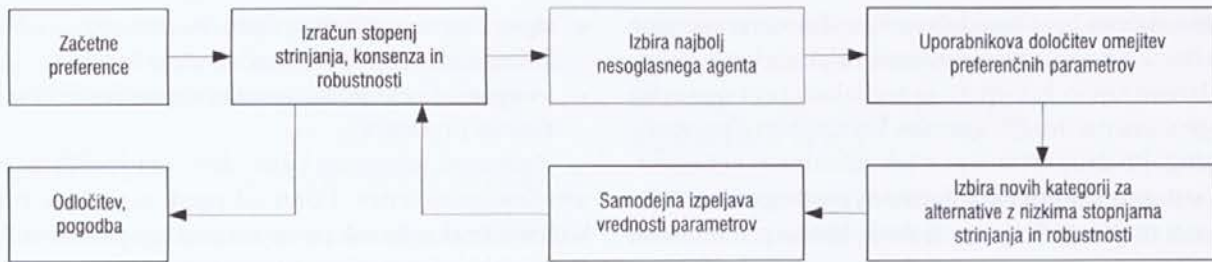
Zgornjim zahtevam lahko delno zadostijo metode umetne inteligence. Eden od pristopov, ki je preizkušen v praksi, je sklepanje na podlagi primerov [10]. Pogajalski informacijski sistem indeksira pretekle primere, jih izbira in prilagaja novim situacijam ter se na podlagi uspešnosti rešitev uči. Vendar pa sta bistveni pomanjkljivosti metod umetne inteligence, da ne dopuščajo konstruktivnega učenja in da ne formalizirajo večkriterijskih preferenc na analitično ustrezen način, ampak jih najpogosteje predstavijo kot črne škatle. Zato je boljša rešitev združitveno-razdružitveni pristop, ki izpelje točne numerične vrednosti parametrov odločitvenega modela na podlagi globalne presojevalne hevrstike [4]. Filozofija razdruževanja je zgraditi model iz preferenčnih struktur, ki se nanašajo na omejeno množico ocenjenih alternativ – referenčnih primerkov stvarnih odločitev. Postopek razdruževanja zgolj inducira preferenčne informacije ter jih formalizira v obliki parametrov modela, zato je kombiniran s klasičnimi metodami agregacije. Iterativno-interaktivno prepletanje združitvenih in razdružitvenih faz, prikazano na sliki 4, pomaga poglobiti znanje o problemski domeni in izboljšati dojemanje preferenc [16].

Na podlagi navedenih ugotovitev je bila v sklopu lastnih raziskav definirana metoda iskanja skupinskega konsenza, ki je primerna za implementacijo v okviru večagentnega pogajalskega sistema [3, 6]. Metoda skozi več iteracij prilagaja preferenčne parametre najbolj nesoglasnih agentov, tako da se njihove odločitve karseda poenotijo z mnenjem skupine, to pa posledično zagotovi konvergenco ponudb. Soočena je s problematiko dihotomijskega sortiranja ter ujame preferenčne informacije z upoštevanjem konceptov



Slika 4: Shematski prikaz združitveno-razdružitvene analize





Slika 5: Združitevno-razdružitevni postopek iskanja skupinskega konsenza

pseudokriterija in prednostne relacije. Njen združitevno-razdružitevni postopek prikazuje slika 5.

Na podlagi globalnih preferenc kot tudi uporabniško specificiranih omejitev izpelje parametre modela optimizacijski matematični program:

maksimiziraj  $\tau$   
glede na

$$\begin{aligned} \tau &\leq \sigma(a_i) - \lambda, \forall a_i \in \tilde{C}_k^+, \\ \tau &\leq \lambda - \sigma(a_i) + \varepsilon, \forall a_i \in \tilde{C}_k^-, \\ 0 &\leq q_j \leq p_j \leq u_j \leq v_j \leq b_j - D_j^-, \forall j = 1, \dots, n, \\ lw_j &\leq w_j \leq uw_j, \forall j = 1, \dots, n, \\ \lambda &\in [0.5, 1]. \end{aligned}$$

Matematični program maksimizira robustnost odločitvenih parametrov posameznega agenta. Pokazano je bilo, da metrike korelacije med kategorijami, v katere uvrstijo alternative različni odločevalci, in metrike robustnosti specificiranih in/ali samodejno izpeljanih parametrov poskrbijo za učinkovito izmenjavo mnenj agentov in uspešno usmerjajo postopek k doseganju konsenza [5]. Težava programa je, da se sooča z odsekoma linearnimi funkcijami z neznanimi segmenti. Analogno velja tudi za metrike robustnosti, ki minimizirajo normirane razdalje med izvornimi in na novo izpeljanimi parametri. Zato je problem razbit na več podproblemov, ki se nanašajo na pod-

$$\Delta_j(a_i) = \min \left[ \sum_{j \in F} (\delta_j)^r / \sum_{j \in E} (2 \cdot (b_j - p_j - D_j^-))^r \right]^{1/r}$$

z izpeljavo

$$\tilde{d}_j(a_i) \text{ in } k_j, \forall j \in F$$

glede na

$$\begin{aligned} E &= \{1, \dots, n\}, F \subseteq E, \\ \prod_{j \in F} (1 - \tilde{d}_j(a_i)) \prod_{j \in E, F} (1 - d_j(a_i)) &= \tilde{d}(a_i), \\ 0 &\leq \tilde{d}_j(a_i) \leq 1, \forall j \in F, \\ \delta_j &= \delta_j^* + \delta_j^+ + \delta_j^{**}, \forall j \in F, \\ \delta_j^* &= u_j - g_j(a_i) + \tilde{d}_j(a_i) / k_j, \forall j \in F, \\ \delta_j^+ &= v_j - g_j(a_i) - (1 - \tilde{d}_j(a_i)) / k_j, \forall j \in F, \\ \delta_j^{**} &= v_j - u_j - 1 / k_j, \forall j \in F, \\ (1 - \tilde{d}_j(a_i)) (D_j^+ - D_j^- - g_j(a_i)) &\leq k_j \leq \tilde{d}_j(a_i) / (g_j(a_i) - p_j), \forall j \in F. \end{aligned}$$

množice parametrov in so rešeni z implementacijo specifičnih nelinearnih optimizacijskih programov, podprtih z ustreznimi algoritmi. Za informacije, vezane na princip veta, je definiran naslednji program, katerega obrazložitev je dosegljiva v literaturi [5]:

Bistvenega pomena za pogajalske sisteme je torej inteligentna interakcija med uporabnikom in pogajalskim agentom. Pri tem uporabnik nalaga agentu zahteve in omejitve, ki so bodisi simbolične bodisi kvantitativne, izražene v obliki matematičnih enačb. Slednje so še posebej relevantne za modele iz domene operacijskih raziskav in odločitvene analize, v katero spada tudi omenjena združitevno-razdružitevna metoda.

Postopek interakcije med uporabnikom in agentom se začne z uporabnikovo specifikacijo preferenc, zahtev in omejitev. Glede na njih skuša agent poiskati eno ali več rešitev. Zaradi nedostopnosti informacij in virov se lahko zgodi, da podane zahteve niso v celoti izpolnjene. Tedaj uporabnik pogosto zavrne rešitev. Posledično je nujno dinamično prilagajanje preferenc in izvajanje dodatnih pogajanj. Interakcija se konča, ko je med pogajalci dosežen dogovor, ki je sprejemljiv tako za uporabnika kot za njegovega agenta.

Učinkovit pogajalski sistem mora omogočiti dodeljevanje prioritet zahtevam in omejitvam, s čimer zagotovi fleksibilnost. V primeru nižjih prioritet je namreč dovoljeno popuščanje, ki pa rezultira v manjši verodostojnosti in zaželenosti s pogajanjem sklenjene pogodbe. Vendar možnosti, kakršna je specifikacija prioritete, znatno doprinesejo h kompleksnosti pogajalskih modelov, zaradi česar so se pojavili specializirani omejitveni jeziki [19]. Le-ti zaenkrat žal še niso prešli v zadostni meri v praktično rabo.

## 5 SKLEP

Računalniška podpora pogajalskim procesom vedno bolj vpliva na način sodelovanja podjetij s kupci, dobavitelji in drugimi poslovnimi partnerji. Podjetja so se



tradicionalno pogajala bilateralno – z osebnim stikom, s pismi, po telefonu itd. Toda takšna pogajanja je težko upravljati, so časovno potratna, zahtevajo velik miselni napor, so podvržena nesporazumom ter trpijo za omejeno transparentnostjo, omejenim številom udeleženih strani in visokimi transakcijskimi stroški. Ker vodijo zato k neučinkovitim kompromisom, ima nova generacija sistemov za e-poslovanje, ki temeljijo na avtomatiziranih pogajanjih, neizpodbiten potencial in bržkone daje novo dimenzijo koordinaciji poslovnih opravil. Okrepila je pomen virtualnih organizacij, zbrisala mejo med proizvodi in storitvami, podjetjem zmanjšala stroške in dala kupcem možnost aktivnega sodelovanja, saj omogoča ne glede na morebitno kombinatorično kompleksnost primerjavo med storitvami ter popolno prilagoditev potrebam kupcev v realnem času na način, ki je personaliziran, občutljiv na lokacijo, skladen z visokimi kakovostnimi standardi in cenovno ugoden. Pri tem ima bistven pomen tehnologija agentov, ki prevzemajo vloge prodajalca, kupca, posrednika, svetovalca ali ponudnika informacij. Tako smemo brez zadržkov predpostaviti, da bo avtomatizirano pogajanje postalo dominanten način delovanja agentov v e-poslovanju. In v veliki meri ga bodo omogočile prav metode odločitvene analize.

## 6 VIRI IN LITERATURA

- [1] AKNINE, S. idr.: A multi-agent coalition formation method based on preference models, *Group Decision and Negotiation*, 2004, 13 (6), str. 513–538.
- [2] BICHLER, M. idr.: Towards a structured design of e-negotiations, *Group Decision and Negotiation*, 2003, 12 (4), str. 311–335.
- [3] BREGAR, A.: Iskanje skupinskega konsenza s sortiranjem alternativ na osnovi koncepta psevdokriterija, *Zbornik posvetovanja DSI*, 2003, str. 395–401.
- [4] BREGAR, A.: Združitevno-razdružitevni pristop: nadgradnja strojnega učenja kot osnova konstruktivni specifikaciji kvantitativnih odločitvenih modelov, *Zbornik posvetovanja DSI*, 2005, str. 151–157.
- [5] BREGAR, A.: Extension of the aggregation/disaggregation principle to computer-guided convergent group decision making processes, *Zbornik konference EWG DSS*, 2005, str. 95–107.
- [6] BREGAR, A. idr.: An alternative sorting procedure for interactive group decision support based on the pseudo-criterion concept, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 2003, 1 (4), str. 66–71.
- [7] DANIEL, T. E., PARCO, J. E.: Fair, efficient and envy-free bargaining: An experimental test of the Brams-Taylor Adjusted Winner mechanism, *Group Decision and Negotiation*, 2005, 14 (3), str. 241–264.
- [8] GRIEGER, M.: Electronic marketplaces: A literature review and a call for supply chain management research, *European Journal of Operational Research*, 2003, 144 (2), str. 280–294.
- [9] KOEHNE, F. idr.: Decision support in electronic negotiation systems, *Zbornik konference IFIP TC8 DSS*, 2004, str. 421–429.
- [10] KWON, O. B., SADEH, N.: Applying case-based reasoning and multi-agent intelligent system to context-aware comparative shopping, *Decision Support Systems*, 2004, 37 (2), str. 199–213.
- [11] LOMUSCIO, A. idr.: Classification scheme for negotiation in e-commerce, *Group Decision and Negotiation*, 2003, 12 (1), str. 31–56.
- [12] POWER, D. J., SHARDA, R.: Model-driven decision support systems, *Decision Support Systems*, 2006.
- [13] RAIFFA, H., RICHARDSON, J.: *Negotiation analysis*, Belknap Harvard University Press, 2002.
- [14] SHIM, J. P. idr.: Past, present and future of decision support technology, *Decision Support Systems*, 2002, 33 (2), str. 111–126.
- [15] SIMAS, T. idr.: Fuzzy consensus for inter-agents negotiation, Poročilo projekta EEII, IST-1999-10304.
- [16] SISKOS, Y., SPYRIDAKOS, A.: Intelligent multicriteria decision support: Overview and perspectives, *European Journal of Operational Research*, 1999, 113 (2), str. 236–246.
- [17] STROEBEL, M.: The Montreal taxonomy for electronic negotiations, *Group Decision and Negotiation*, 2003, 12 (2), str. 143–164.
- [18] VAN DE WALLE, B.: Coping with one-to-many multi-criteria negotiations in e-markets, *Zbornik konference DEXA*, 2001, str. 747–751.
- [19] WANG, H. idr.: Modeling constraint-based negotiating agents, *Decision Support Systems*, 2002, 33 (2), str. 201–217.
- [20] WEIGAND, H. idr.: B2B negotiation support, *Group Decision and Negotiation*, 2003, 12 (1), str. 3–29.

Andrej Bregar je diplomiral in magistriral na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru, kjer je zaposlen kot asistent. Področja njegovega znanstveno-raziskovalnega dela so odločitveni in inteligentni sistemi, večkriterijska odločitvena analiza, pogajalska analiza, operacijske raziskave, računalniška podpora skupinskemu delu, razvoj informacijskih sistemov ter tehnologije XML. Objavil je več člankov na konferencah in v revijah doma in v tujini. Leta 2003 je prejel nagradi za najboljša prispevka na mednarodnih znanstvenih konferencah AMCIS in WMSCI.

Dr. Matjaž B. Jurič je izredni profesor na Inštitutu za informatiko Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru. Ukvarja se s storitvenimi arhitekturami, kompozicijo poslovnih procesov, integracijo, elektronskim poslovanjem, spletnimi storitvami in optimizacijo zmogljivosti. Je avtor oz. soavtor knjig *Business Process Execution Language for Web Services* (Packt Publishing), *.NET Serialization Handbook*, *J2EE Design Patterns Applied*, *Professional J2EE EAI in Professional EJB* (Wrox Press), poglavja v knjigi *More Java Gems* (Cambridge University Press) in *Technology Supporting Business Solutions* (Nova Science Publishers), objavljaj je v revijah *SOA-Web Services Journal*, *eAI Journal*, *Java Report*, *Java Developers Journal* in na konferencah kot so *DOOPSLA*, *Oracle Open World*, *Java Development*, *BEA Forum*, *Wrox Conferences* itd. Sodeloval je pri številnih projektih doma in v tujini, med drugim tudi pri razvoju RMI-IIOP, sestavnega dela platforme Java 2 in je član BPEL Advisory Boarda.