

Experimentos preliminares sobre o uso da reputação na formação de parcerias entre agentes

Priscilla Barreira Avegliano¹, Jaime Simão Sichman¹

¹Laboratório de Técnicas Inteligentes
Escola Politécnica
Universidade de São Paulo – Brasil

priscilla.avegliano@poli.usp.br, jaime.sichman@poli.usp.br

***Resumo.** Os Sistemas Multiagentes baseiam-se na cooperação mútua de seus integrantes. Os conceitos de reputação e confiança, tão difundidos em outras áreas de pesquisa, mostram-se bastante úteis para os agentes no processo de escolha do parceiro com o qual irão cooperar. Selecionar o agente com melhor reputação pode ocasionar, entretanto, custos superiores. Este trabalho tem por objetivo analisar, por meio de uma simulação, a relação custo-benefício do uso da reputação como parâmetro na escolha de um parceiro.*

1. Introdução

A mudança do paradigma da computação centralizada para a distribuída acarretou o surgimento de novas vertentes de pesquisa na Inteligência Artificial, como a Inteligência Artificial Distribuída (IAD) e, posteriormente, os Sistemas Multiagentes (SMA).

Diferentemente da IA Clássica, que possui como foco a inteligência individual, os SMA têm como cerne a inteligência emergente das interações entre os agentes, sendo o estudo da inteligência proveniente do **comportamento social**. Em um SMA, as entidades artificiais (agentes) apresentam cada qual sua autonomia e capacidade de socialização, havendo cooperação, negociação e competição entre as entidades, da mesma forma que na sociedade humana.

Por apresentar tal semelhança, os SMA beneficiam-se do fato de tomar emprestados certos conceitos estudados nas Ciências Sociais. É o caso do conceito de reputação, que permeia os trabalhos de áreas como a Psicologia, Sociologia, Filosofia e Economia.

Recentemente, diversos modelos para o cálculo de reputação em SMA foram propostos [Rubiera et al. 2001, Yu and Singh 2002, Mui et al. 2002, Sabater and Sierra 2001, Sabater et al. 2005] com o intuito de inferir qual o agente, possível parceiro no caso de cooperação, desempenha suas ações de forma mais satisfatória.

Entretanto, buscar o melhor parceiro, ou seja, aquele com melhor reputação, pode implicar custos superiores para o estabelecimento da parceria. Este trabalho tem por objetivo analisar a relação custo-benefício na utilização da reputação como parâmetro integrante no processo de seleção de um parceiro. Para tanto, foi desenvolvida uma ferramenta de simulação denominada *RePart: Reputation-based Partnership*.

Este trabalho divide-se da seguinte maneira. Uma breve introdução da utilização do conceito de reputação em SMA e suas motivações, bem como os trabalhos correlatos

serão elencados na seção 2. A seguir, o modelo selecionado para integrar os agentes utilizados na simulação, sendo responsável pelo cálculo da reputação de parceiros, será descrito na seção 3. O simulador desenvolvido e empregado no processo de simulação, bem como o experimento realizado serão apresentados, respectivamente, nas seções 4 e 5. Os resultados do experimento serão analisados na seção 6. Finalmente, na seção 7, será apresentada a conclusão do trabalho, além dos trabalhos futuros a serem desenvolvidos.

2. Sistemas Multiagentes e Reputação

Esta seção faz uma breve introdução acerca dos conceitos teóricos que justificam o uso da reputação em SMA.

2.1. Parcerias entre agentes

Tipicamente, em um SMA, os agentes possuem, cada qual, objetivos que devem ser satisfeitos. Para tanto, um conjunto de ações deve ser executado, o que conceitualiza um plano para a obtenção de um objetivo. Nem sempre um agente tem a capacidade de atuar de modo a efetuar todas as ações necessárias, tornando-se **dependente** de outros agentes [Castelfranchi 1990]. Surge, então, o conceito de parcerias, na qual um agente executa uma ação a fim de que um outro agente atinja seu objetivo em troca de um benefício posterior.

Para o estabelecimento de uma parceria, um agente deve:

1. escolher o objetivo a ser perseguido;
2. selecionar o plano para atingir tal objetivo;
3. verificar se todas as ações que compõem o plano podem ser executadas por ele;
4. caso não seja possível, escolher um parceiro que esteja capacitado a desempenhá-las.

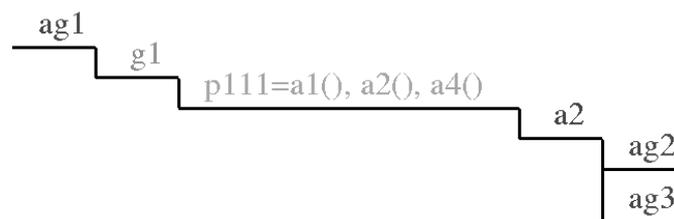


Figura 1. Grafo de Dependência [Sichman and Conte 2002] do agente ag1.

O processo de estabelecimento de parcerias pode ser melhor elucidado com o auxílio da Figura 1. Neste exemplo, o agente ag1 possui o objetivo g1. Para atingi-lo, deve executar o plano p111, que consiste das ações a1, a2 e a4. O agente ag1 não é capaz de executar a ação a2, tornando-se dependente de outros agentes para a execução de seu plano e, por conseguinte, para a obtenção de seu objetivo. Os agentes ag2 e ag3 são capazes de executar a ação a2. Se o agente ag1, em contrapartida, souber executar uma ação que beneficie qualquer um destes agentes, uma parceria entre eles pode ser firmada.

Em uma parceria, um dos agentes deve realizar uma ação que favoreça ao outro agente, sem ainda ter sido beneficiado. Se houver uma “quebra de contrato” por parte do outro agente, ou seja, se este não cumprir sua parte no acordo firmado, o primeiro agente será prejudicado. Portanto, a cooperação e o estabelecimento de parcerias representam

um risco [Barber et al. 2003]. Torna-se necessária, então, a adoção de parâmetros que exprimam o grau de comprometimento do agente em uma parceria. É o papel desempenhado pelo conceito de reputação, apresentado a seguir.

2.2. Reputação

Na sociedade humana, a reputação tem como finalidade desencorajar fraudes e trapaçãs, além de favorecer a cooperação entre os integrantes. As sociedades virtuais e os SMA passaram a utilizar a reputação de forma similar, ou seja, como uma forma de punir transgressores [Sabater et al. 2005].

Em SMA, os modelos para o cálculo da reputação apresentam duas abordagens [Sabater and Sierra 2005]: a cognitiva e a baseada na Teoria dos Jogos. A primeira reflete um estado mental do agente, de acordo com suas crenças internas e individuais. Nestes modelos, a reputação é inferida a partir das informações que o agente avaliador possui do alvo. Por outro lado, a reputação nos modelos baseados na Teoria dos Jogos resulta de manipulações estritamente numéricas. Estes modelos geralmente fazem uso de teorias tais como probabilidades bayesianas e Teoria de Dempster-Shafer.

Após a análise de diversos modelos computacionais de reputação, o modelo *Repage*, de caráter cognitivo, foi selecionado para integrar o simulador e será descrito na seção 3.

2.3. Trabalhos correlatos

Com a grande variedade de modelos propostos para o cálculo da reputação em SMA [Rubiera et al. 2001, Yu and Singh 2002, Mui et al. 2002, Sabater and Sierra 2001, Sabater et al. 2005], foram desenvolvidos alguns cenários e plataformas de teste para a análise de desempenho dos mesmos [Carbo et al. 2002, Fullam et al. 2005]. Estes trabalhos visam, em linhas gerais, realizar um comparativo entre os modelos propostos e determinar qual apresenta o desempenho mais satisfatório, ou seja, identifica mais rápida ou precisamente um parceiro fraudulento. Sendo assim, considera-se que os agentes escolham sempre o parceiro com a melhor reputação.

A ferramenta de simulação RePart, por outro lado, propõe uma análise do custo-benefício do uso da reputação. A reputação do parceiro em potencial é considerada, por parte dos agentes integrantes do simulador RePart, apenas como um dos parâmetros que influenciam esta tomada de decisão. O custo demandado pela parceria também é um fator relevante na escolha de um parceiro.

Analogamente ao trabalho apresentado em [Monteiro and Sichman 2005], que estuda a formação de parcerias entre agentes heterogêneos no que toca o custo, importância e utilidade de uma parceria, no simulador RePart os agentes apresentam personalidades distintas com relação ao uso da reputação no processo de seleção de um parceiro. Maiores detalhes são apresentados na seção 5.

3. Repage

O sistema *Repage: REPutation and ImAGE* [Sabater et al. 2005] é um módulo computacional para o cálculo e gerenciamento dos conceitos de **imagem** e **reputação**. Esta diferenciação é a grande inovação inerente ao modelo.

Segundo a visão defendida por Sabater *et al.* (2005), *imagem* é uma crença avaliadora sobre determinado alvo (agente), podendo ser proveniente de experiências diretas do próprio agente avaliador com o agente alvo, ou de informações sobre a imagem do agente alvo frente a agentes informantes, chamada de *imagem de terceiros*. Por outro lado, a *reputação* é uma “voz compartilhada” anonimamente entre os agentes, ou seja, é uma crença sobre o que os outros agentes dizem a respeito de determinado alvo. Conseqüentemente, *imagem* e *reputação* podem divergir (maiores detalhes podem ser encontrados em [Conte and Paolucci 2002]).

Neste modelo, os valores da imagem e da reputação são contextuais, ou seja, um agente pode possuir uma boa imagem como vendedor, mas uma imagem ruim como informante. Portanto, uma informação sobre a imagem ou reputação deve conter o alvo e o papel desempenhado por este.

Os valores das imagens e reputações são representados por tuplas de valores positivos, compostas por 5 números, que indicam o grau de aderência da avaliação a cada conjunto *fuzzy* e que somados resultam em 1, além de mais um número que indica o grau de crença na avaliação. Tais conjuntos significam *muito ruim*, *ruim*, *neutro*, *bom* e *muito bom*.

O cálculo da imagem ou reputação de um alvo é feito segundo um processo de inferência sofisticado, que se baseia na existência de predicados organizados conceitualmente em níveis interconectados. Desta forma, cada predicado possui antecessores e sucessores. Predicados de níveis mais baixos na hierarquia fundamentam os predicados do nível superior e assim sucessivamente. A arquitetura interna do modelo é apresentada na Figura 2.

No primeiro nível, os predicados ainda não foram analisados pelo agente avaliador. O predicado *Comunicação* reflete os dados provenientes de agentes informantes: a reputação do agente alvo; a imagem que o informante possui do alvo e a imagem que, segundo o informante, outros agentes devidamente identificados possuem do alvo (*imagem de terceiros*). Além disso, temos o predicado *Contrato*, que representa o acordo firmado entre os agentes, que tem seu resultado expresso no predicado *Cumprimento*. No nível subsequente, o predicado *Resultado* é gerado a partir dos predicados *Contrato* e *Cumprimento* do nível inferior. Já o predicado *Comunicação Avaliada* é calculado balanceando-se as informações do predicado *Comunicação* com a imagem do informante.

No próximo nível, a *Comunicação Avaliada* dá subsídio a dois predicados: *Voz Compartilhada* e *Avaliação Compartilhada*. O primeiro predicado é o elemento central na determinação da reputação de um agente alvo e se origina da reputação do agente alvo, propagada. Já a *Avaliação Compartilhada* é formada a partir das imagens transmitidas entre agentes (*imagem de terceiros*). A construção da imagem de um alvo baseia-se na avaliação compartilhada do mesmo e dos resultados das parcerias efetuadas entre o agente avaliador e o alvo.

O quarto nível apresenta 5 tipos distintos de predicados: *Reputação*, *Candidato a Reputação*, *Confirmação*, *Candidato a Imagem* e *Imagem*. Como evidenciado pelos nomes, os predicados *Candidato a Imagem* e *Candidato a Reputação* não apresentam força suficiente para serem adotados como *Imagem* e *Reputação*, o que pode ser ocasionado por falta de informações ou inconsistências. Na medida em que o grau de certeza em um

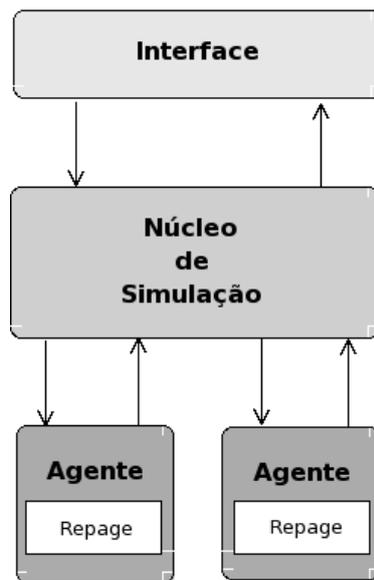


Figura 3. Arquitetura da ferramenta de simulação *RePart*.

escolha de seus parceiros. Apresentam personalidades distintas para a seleção de parceiros, definidas pelo usuário, e capacidade de armazenar imagens e reputações de agentes alvo, obtidos por meio do módulo *Repage*.

2. Núcleo de Simulação: inicia a simulação, criando os agentes de acordo com os parâmetros especificados pelo usuário, atribuindo-lhes também sua rede social. Ao longo do processo de simulação, permite a troca de mensagens entre os agentes vizinhos e é responsável pelo incremento nos passos discretos de tempo do sistema (ciclos).
3. Interface com o usuário: permite que o usuário entre com os parâmetros da simulação, tais como porcentagem de agentes com perfis distintos na sociedade, número total de agentes na simulação, número de ciclos a serem simulados etc. Também torna possível ao usuário a observação dos passos da simulação, exibindo dados sobre os agentes integrantes das parcerias, resultados das mesmas e ganhos individuais e coletivos no processo de simulação.

A ferramenta de simulação *RePart* foi utilizada para a execução de simulações do experimento descrito na seção a seguir, a fim de promover a análise da relação custo-benefício na utilização da reputação como parâmetro integrante no processo de seleção de um parceiro.

5. Descrição do Experimento

O experimento proposto baseia-se em uma economia composta por consumidores e empresas, que comercializam um bem material ou um serviço. Segundo sua estratégia de seleção de parceiro, ou personalidade, o consumidor deve contratar a empresa que mais lhe parecer conveniente. Cada empresa cobra uma certa quantia de dinheiro em troca da mercadoria. Este preço permanece inalterado ao longo dos ciclos e é definido no momento da criação da empresa por meio de uma função pseudo-aleatória, sendo um valor entre 0 e 1.

A empresa, por sua vez, entrega a mercadoria ao consumidor, apresentando, esta, uma qualidade diretamente proporcional à eficiência da empresa. Esta caracterização da empresa é atribuída pelo simulador no momento de sua criação e também é definida por meio de uma função pseudo-aleatória.

O consumidor, ao receber a mercadoria, formará uma imagem a respeito da empresa que será proporcional à qualidade da mercadoria entregue pela mesma.

De forma resumida, cada ciclo de simulação corresponde às seguintes ações, repetidas para cada consumidor:

1. Consultar agentes vizinhos sobre imagens de empresas;
2. Analisar as informações coletadas e selecionar a empresa mais atrativa;
3. Realizar o pagamento beneficiando a empresa;
4. Receber a mercadoria da empresa;
5. Avaliar a mercadoria e formar uma imagem acerca do desempenho da empresa;

5.1. Módulo de tomada de decisão

Os agentes que integram o sistema apresentam mecanismos internos para suas tomadas de decisão. No caso do experimento descrito, as empresas não apresentam nenhum tipo de decisão a ser tomada, visto que sua única função é fornecer as mercadorias aos consumidores.

Já os consumidores devem selecionar, dentre as empresas disponíveis no mercado, aquela que lhe parecer mais atrativa. A fim de responder à questão de quais são os custos associados à utilização da reputação na escolha de parceiros, foram estabelecidos os seguintes perfis para os agentes no sistema:

Conservadores que priorizam a confiança depositada no agente parceiro em potencial, em detrimento do custo que tal parceria poderia acarretar;

Ousados que ponderam o custo da parceria e a confiança depositada no agente parceiro em potencial na sua tomada de decisão;

Avaros que buscam parcerias com o menor custo, independente da confiança depositada no candidato a parceiro.

A confiança depositada em um agente será calculada segundo o procedimento de raciocínio explicitado no pseudo-algoritmo indicado na Figura 4. Note que a imagem do agente alvo sempre possui prioridade frente a reputação do mesmo, visto que uma imagem é uma avaliação proveniente de experiências diretas ou de terceiros, enquanto que a reputação é apenas uma informação sobre o que se diz na sociedade sobre determinado alvo [Pinyol et al. 2007]. Os valores da imagem e reputação dos possíveis parceiros serão calculados pelo módulo *Repage*, sendo este um módulo individual de cada agente.

Baseando-se neste cálculo, os agentes devem estabelecer qual o risco que cada parceria pode implicar, dependendo de sua personalidade.

Agentes **conservadores** calculam o risco de uma parceria segundo a equação:

$$\text{risco} = \frac{1}{\text{confiança}} \quad (1)$$

```

ImgX := imagem do agente X
Se ImgX não é vazia
Então
    Confiança := ImgX
Senão
    Confiança := RepX
Fim

```

Figura 4. Processo de determinação da confiança em um agente alvo.

Já os agentes ousados também apresentam uma preocupação com o custo demandado pela parceria. Serão mais atrativas aquelas que lhes implicarem menores custos, mantendo ainda certa relação com a confiança depositada no agente parceiro. É possível dizer que uma ação que demande um custo maior represente uma perda maior caso o “contrato” não seja cumprido. Conseqüentemente, o risco é diretamente proporcional ao custo da parceria. A partir destas bases, o cálculo do risco é feito, por parte dos agentes **ousados**, segundo a equação:

$$\text{risco} = \frac{\text{custo}}{\text{confiança}} \quad (2)$$

Os agentes avaros, em contrapartida, apenas analisam o custo que a parceria implica, em detrimento da imagem ou reputação do candidato a parceiro. Estes agentes basearão sua escolha de parceiros única e exclusivamente nos preços cobrados pelos mesmos. O risco da parceria é calculado pelos agentes **avaros** segundo a equação:

$$\text{risco} = \text{custo} \quad (3)$$

Os agentes também apresentam uma probabilidade de exploração de novos parceiros, que apresenta um decaimento exponencial. Esta probabilidade α é norteadada segundo a equação:

$$\alpha = \frac{1}{\text{numAgConhecidos}} \quad (4)$$

na qual *numAgConhecidos* indica o número de agentes com os quais o agente avaliador já efetuou parcerias.

Com probabilidade α o agente seleciona um parceiro aleatoriamente. Caso contrário, ou seja, com probabilidade $1 - \alpha$, o agente parceiro selecionado será aquele que apresentar o menor risco, calculado de acordo com a personalidade do agente avaliador.

6. Resultados obtidos

As simulações realizadas apresentavam um cenário composto por compradores e empresas divididos igualmente em número (100 agentes cada) e 300 ciclos. Foram analisadas a qualidade da mercadoria recebida pelos agentes e a quantidade de dinheiro gasta pelos mesmos a cada rodada. Os valores expressos nos gráficos representam a média destes valores por perfis, distribuídos uniformemente na população de consumidores (33% conservadores, 33% ousados e 33% de avaros).

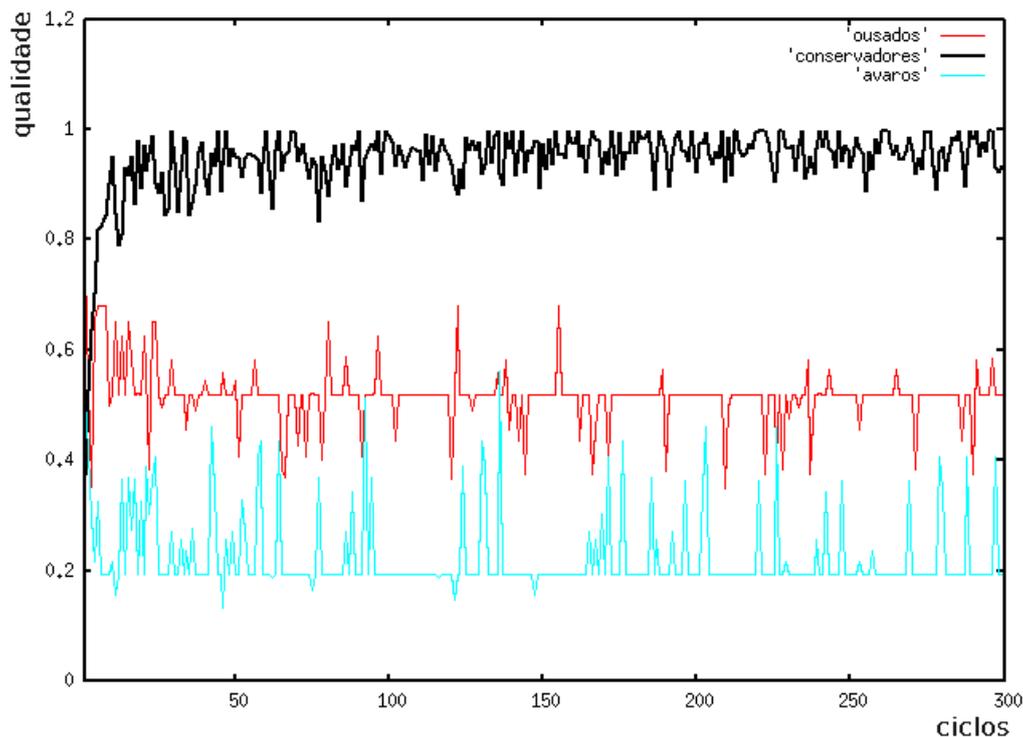


Figura 5. Qualidade de produtos recebidos pelos agentes, por perfil.

Em todas as simulações realizadas, temos que os agentes conservadores atingem sempre um patamar de qualidade de mercadoria bastante elevado (variando entre 73% e 97%). Este resultado condiz com o esperado, já que agentes com este perfil buscam exclusivamente maximizar a qualidade das mercadorias recebidas, em detrimento do custo que tal parceria poderia acarretar. A qualidade das mercadorias recebidas apresenta também uma menor variação quando comparada aos valores dos demais perfis.

Na maioria dos casos, o desempenho dos agentes ousados com relação à qualidade de mercadorias recebidas é mediano, conforme denota a Figura 5. Em alguns episódios esporádicos, dependendo da distribuição de preços e capacidades de empresas, nota-se que o desempenho dos ousados torna-se muito semelhante ao dos avaros ou dos conservadores, sem nunca superar, entretanto, o desempenho destes. O comportamento de agentes ousados é bastante variável.

Os agentes avaros, que não levam em consideração a confiança depositada no agente parceiro, apresentam sempre o pior desempenho com relação à qualidade da mercadoria recebida.

Os custos médios associados às parcerias realizadas pelos agentes a cada ciclo são apresentados na Figura 6.

É possível observar que o bom desempenho dos agentes conservadores com relação à qualidade das mercadorias recebidas eleva os custos associados às parcerias. Nos experimentos realizados, os valores da qualidade das mercadorias, para agentes conservadores, variam entre 0,73 e 0,97 (após estabilizarem), enquanto que os custos das mesmas ficam em torno de 0,08 a 0,36. Os valores pagos pelos agentes conservadores, se

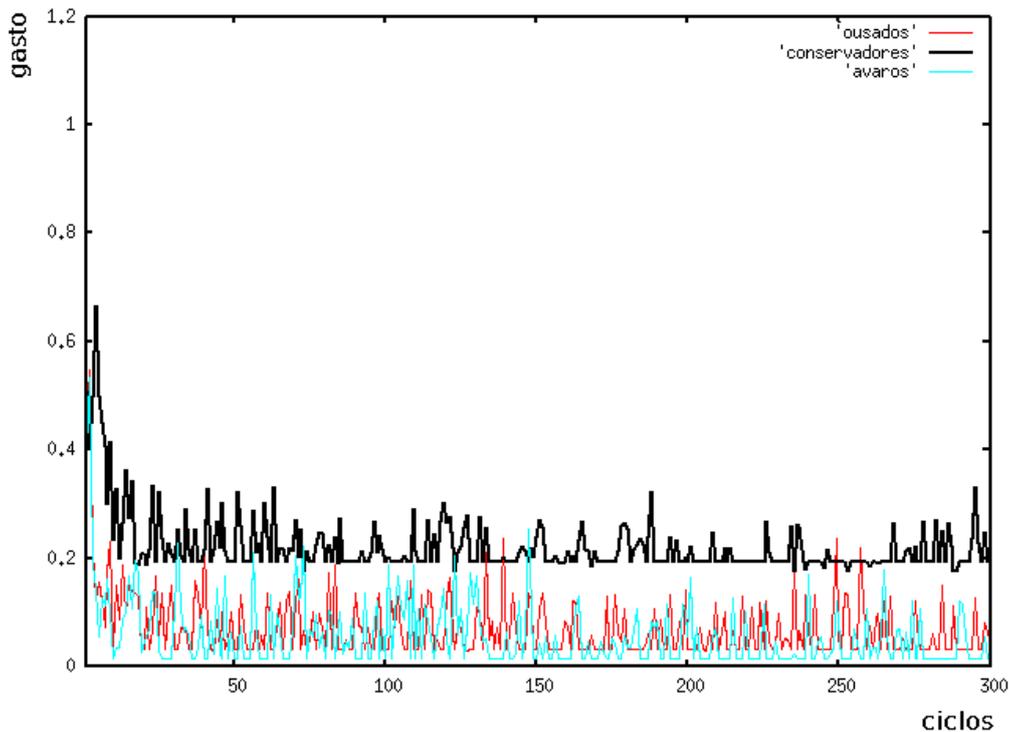


Figura 6. Custos médios por parceria.

comparados à qualidade das mercadorias obtidas, mostram-se baixos.

O uso da reputação (ou, mais especificamente, no caso do modelo *Repage*, imagem e reputação) mostrou-se eficaz na seleção de agentes parceiros, evidenciado pela qualidade superior atingida com as parcerias, sem acarretar, entretanto, em custos substancialmente elevados.

Este experimento pode ser útil em uma situação na qual um agente ag1 possui dois planos para a obtenção de um objetivo: o plano p1, que depende da ação a2 do agente ag2, que apresenta boa reputação frente ao agente avaliador (ag1), e o plano p2, que depende da ação a3 do agente ag3. Para o estabelecimento de uma parceria com os possíveis parceiros, o agente ag1 deve desempenhar ações que os beneficiem. A ação demandada pelo agente ag2 é mais custosa que a demandada pelo agente ag3. Qual é a decisão mais vantajosa para o agente ag1?

Os resultados dos experimentos indicam que, caso uma boa qualidade seja almejada e não existam grandes restrições de custo, é melhor optar pelo agente com a melhor reputação, ou seja, o agente ag2. Agindo desta forma, o agente ag1 garante um patamar de satisfação bastante elevado com a parceria, apresentando custos, que se comparados à satisfação, são relativamente baixos.

Caso o agente ag1 apresente uma restrição quanto aos custos associados à parceria, a escolha do agente ag3 pode satisfazê-la, embora a qualidade do benefício recebido pelo agente ag1 seja, muito provavelmente, baixa.

7. Conclusão e trabalhos futuros

À luz dos trabalhos desenvolvidos na área de SMA, foi proposto um experimento que visa analisar o impacto do uso da reputação, sob o ponto de vista de custos despendidos. Os resultados indicam que o uso de imagem e reputação otimizam as parcerias realizadas, sem representar custos extremamente elevados para os agentes que as utilizam, contribuindo, desta maneira, para um melhor desempenho do sistema como um todo. Além disso, os experimentos realizados também validaram a ferramenta de simulação *RePart*.

Esta ferramenta será empregada nos trabalhos futuros, que terão como foco o impacto de manipulações na informação acerca da reputação de agentes alvos. O experimento ocorrerá da mesma forma que o descrito na seção 5, com o acréscimo da chamada “publicidade” por parte das empresas. Estas se beneficiarão do fato da reputação ser uma voz anônima na sociedade e infiltrarão informações falsas sobre seus desempenhos. Com isso, espera-se analisar a dinâmica da influência de manipulações de informação.

Com o experimento apresentado neste trabalho e os futuros trabalhos espera-se analisar, respectivamente, pontos importantes em SMA, que englobam questões como qual a melhor estratégia na seleção de um parceiro e quais os efeitos gerados pela manipulação de informações em uma sociedade cujos integrantes baseiam suas escolhas, em parte, em informações anônimas.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela CAPES, por meio de bolsa de Demanda Social destinada a Priscilla Barreira Avegliano. Jaime Simão Sichman é parcialmente financiado pelo CNPq, processos 304605/2004-2, 482019/200-2 e 506881/2004-0.

Referências

- Barber, K., Fullam, K., and Kim, J. (2003). Challenges for Trust, Fraud, and Deception Research in Multi-agent Systems. *Trust, Reputation, and Security: Theories and Practice*, 2631:8–14.
- Carbo, J., Molina, J., and Davila, J. (2002). Comparing predictions of sporas vs. a fuzzy reputation agent system. *3rd International Conference on Fuzzy Sets and Fuzzy Systems, Interlaken*, pages 147–153.
- Castelfranchi, C. (1990). Social power: a point missed in multi-agent DAI and HCI. *Decentralized AI*, pages 49–62.
- Conte, R. and Paolucci, M. (2002). *Reputation in Artificial Societies: Social Beliefs for Social Order*. Springer, New York, USA.
- Fullam, K. K., Klos, T. B., Muller, G., Sabater, J., Schlosser, A., Topol, Z., Barber, K. S., Rosenschein, J. S., Vercouter, L., and Voss, M. (2005). A specification of the Agent Reputation and Trust (ART) testbed: experimentation and competition for trust in agent societies. In *AAMAS '05: Proceedings of the fourth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pages 512–518, New York, NY, USA. ACM Press.
- Monteiro, J. and Sichman, J. S. (2005). A simulator for multi-agent partnership formation based on dependence graphs. In *AAMAS '05: Proceedings of the fourth international*

- joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pages 1223–1224, New York, NY, USA. ACM Press.
- Mui, L., Mohtashemi, M., and Halberstadt, A. (2002). A computational model of trust and reputation. In *HICSS'02, Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, pages 2431–2439, Hawaii, USA.
- Pinyol, I., Paolucci, M., Sabater, J., and Conte, R. (2007). Beyond Accuracy. Reputation for Partner selection with Lies and Retaliation. In *AAMAS '07: Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pages 134–146, Hawaii, USA. ACM Press.
- Rubiera, J. C., Lopez, J. M. M., and Muro, J. D. (2001). A fuzzy model of reputation in multi-agent systems. In *AGENTS '01: Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents*, pages 25–26, Montreal, Canada. ACM Press.
- Sabater, J., Paolucci, M., and Conte, R. (2005). Repage: REPutation and ImAGE Among Limited Autonomous Partners. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 9(2).
- Sabater, J. and Sierra, C. (2001). REGRET: reputation in gregarious societies. In *AGENTS '01: Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents*, pages 194–195, Montreal, Canada. ACM Press.
- Sabater, J. and Sierra, C. (2005). Review on Computational Trust and Reputation Models. *Artificial Intelligence Review*, 24(1):33–60.
- Sichman, J. and Conte, R. (2002). Multi-agent dependence by dependence graphs. In *AAMAS 2002*, pages 483–490, Bologna, Italy.
- Yu, B. and Singh, M. P. (2002). An evidential model of distributed reputation management. In *AAMAS '02: Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pages 294–301, Bologna, Italy. ACM Press.