

Self-Regulation of Social Exchange Processes in MAS: a cultural and evolutionary BDI agent society model

Andressa von Laer*, Graçaliz P. Dimuro* and Marilton S. Aguiar†

* Prog. de Pós-Graduação em Computação
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande, Brazil

Email: {andressavonlaer, gracaliz}@gmail.com

† Prog. de Pós-Graduação em Computação
Universidade Federal de Pelotas
Pelotas, Brazil

Email: marilton@inf.ufpel.edu.br

Abstract—Agent interactions are often understood as service exchange processes between pairs of agents, followed by the evaluation of these services by the agents involved, generating social exchange values. For the social equilibrium of the agent society there should be an adequate balance of those values, which can be obtained by the regulation of the social exchange processes by the agents themselves. A hybrid evolutionary model of self-regulation of processes of social exchanges in MAS was proposed for Netlogo. However, certain characteristics involved in social exchanges are more appropriately dealt with BDI agents. This paper proposes to develop a model of agent society composed by cultural evolutionary BDI-like agents, for the self-regulation of processes of social exchanges, using the JaCaMo framework.

I. INTRODUÇÃO

Na Teoria das Trocas Sociais de Piaget [Piaget e Smith 1995] as interações são entendidas como processos de trocas de serviços entre pares de agentes, seguidos da avaliação destes serviços por parte dos agentes envolvidos, gerando assim valores das trocas sociais. Para que haja o controle das trocas sociais entre agentes, o balanço dos valores envolvidos nas trocas deve ser continuamente mantido, tanto quanto possível, perto do equilíbrio, havendo assim a regulação de trocas sociais.

Vários trabalhos já foram realizados pelo grupo de pesquisa no sentido da regulação de trocas sociais em Sistemas Multiagentes (SMA) [Dimuro et al. 2011], [Pereira et al. 2008a], [Pereira et al. 2008b], [Macedo et al. 2012]. Em particular, em [Macedo 2013] foi proposto um modelo híbrido evolucionário de autorregulação de processos de trocas sociais entre agentes em um SMA, baseado em Teoria dos Jogos [Fiani 2006] e Algoritmos Genéticos (AG) [Linden 2008], procurando tornar os agentes independentes e reguladores dos processos de trocas com seus parceiros. A implementação foi realizada no NetLogo¹.

Entretanto, na literatura observa-se que certas características envolvidas em trocas sociais são mais adequadamente tratadas com agentes cognitivos, como Agen-

tes BDI (*Belief, Desire, Intention*) [Rao e Georgeff 1991], [Rao e Georgeff 1992].

Os Algoritmos Genéticos (AGs) e Culturais (ACs) situam-se dentro de um paradigma na Inteligência Artificial (IA) que acredita na possibilidade de reproduzir características humanas em uma máquina para que esta possa resolver problemas. Os AGs são a base dos ACs, porém estes dispõem de um componente chamado Espaço de Crenças. Os ACs baseiam-se na ideia de que a cultura também evolui, e sua evolução é mais rápida que a genética, possibilitando uma melhor adaptação do agente ao ambiente [Reynolds e Zandoni 1992].

A proposta apresentada neste trabalho é de mapear a ideia do Jogo de Autorregulação de Processos Trocas Sociais (JAPTS), introduzido no trabalho de [Macedo 2013] para um sistema de agentes BDI, baseados em algoritmos genéticos e culturais.

Neste trabalho, adota-se a plataforma JaCaMo², que é um framework para programação de sistemas multiagentes que combina três ferramentas/tecnologias separadas: Jason, CARtAgo e MOISE+, para modelagem da organização do sistema multiagente.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção II aborda os conceitos de sistemas multiagentes relacionados ao modelo de arquitetura BDI e também são descritos os processos de um agente BDI no ambiente Jason; a Seção III aborda conceitos, definições e estrutura dos Algoritmos Genéticos e, também, apresenta conceitos e funcionamento dos Algoritmos Culturais; a Seção IV apresenta a ideia dos agentes BDI Evolucionários Culturais através da combinação entre as três tecnologias abordadas neste artigo; e, por fim, a Seção V apresenta as considerações finais deste trabalho.

II. AGENTES BDI

Entre as diversas abordagens existentes na área de Inteligência Artificial (IA) em que a arquitetura dos agentes é baseada no comportamento humano, a que mais se destaca é o mo-

¹Disponível em: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

²Disponível em: <http://jacamo.sourceforge.net>

delo BDI, baseado na teoria de raciocínio prático humano desenvolvido pelo filósofo Michael Bratman em [Bratman 1987]. A estrutura deste modelo é descrita em [Bratman et al. 1988].

O modelo BDI explica o comportamento humano através das seguintes atitudes: crenças, desejos e intenções, e supõe que as ações são derivadas a partir do processo chamado raciocínio prático constituído de passos. No primeiro passo os objetivos do agente são determinados através de um conjunto de desejos que devem ser alcançados. No segundo passo determina-se quais ações tomar (planos), através do uso dos meios disponíveis, para que estes objetivos sejam alcançados.

A arquitetura BDI tem se destacado em sistemas multiagentes como um importante método de modelagem e desenvolvimento de agentes racionais. As três atitudes mentais que compõem a arquitetura BDI são:

- Crenças (*Beliefs*): representam a visão que um agente possui do seu ambiente. Podem ser vistas como o provável estado do ambiente, isto é, como um componente informativo do estado do sistema. Um agente pode ter crenças sobre o mundo, sobre outros agentes, sobre interações com outros agentes e crenças sobre suas próprias crenças.
- Desejos (*Desires*): representam estados desejáveis que o sistema poderia apresentar e/ou que o agente gostaria de alcançar. Eles influenciam o agente a agir de forma a realizar metas, e as ações tomadas são realizadas através das intenções, causadas pelos desejos.
- Intenções (*Intentions*): são estados que os agentes pretendem alcançar, e estão interligadas com os desejos dos agentes da seguinte maneira: se um agente decide seguir uma meta específica, então esta meta torna-se uma intenção. Uma intenção quando adotada, acarretará em um direcionamento no raciocínio prático futuro, ou seja, enquanto se tem uma intenção particular haverá consideração por ações que são consistentes para a realização desta intenção.

Um agente BDI permanece comprometido com algum plano até que ele seja totalmente executado, a intenção (pela qual o plano foi desenvolvido) seja atingida, seja inatingível, ou não seja mais útil. Se por algum motivo o agente perceber que não será capaz de atingir seus objetivos, ele deve rever seus conceitos afim de fazer novas escolhas de planos e intenções. Este comprometimento do agente com seus planos e intenções é um fator importante no modelo computacional de um agente BDI.

Jason³ [Bordini et al. 2007] é uma plataforma de desenvolvimento de sistemas multiagentes baseada em um interpretador para uma versão estendida da linguagem de programação *AgentSpeak(L)* que oferece uma série de extensões que são necessárias para o desenvolvimento de sistemas multiagentes. *AgentSpeak* é uma linguagem de programação orientada a agentes e baseia-se em eventos e ações. É baseada em implementações de sistemas BDI já existentes na época, tais como *Procedural Reasoning System*

(PRS) [Georgeff e Lansky 1986] e o *Distributed MultiAgent Reasoning System* (dMARS) [Luck e Wooldridge 2004].

Em Jason os desejos dos agentes são representados pelos eventos que ocorrem no interpretador, ativando os planos. O Jason possui uma estrutura chamada “base de crenças” (*belief base*) para armazenar as crenças do agente, esta estrutura consiste em um conjunto de predicados sobre um estado do ambiente. As crenças representam o que o agente “acredita” ser verdade no ambiente, não significa que seja mesmo uma verdade. Os objetivos de um agente indica o que ele fará, ou o estado do ambiente que ele deseja atingir. Por exemplo, dado um determinado objetivo *g*, o agente se compromete em alterar o estado do ambiente até que acredite que o determinado objetivo é verdadeiro. Os planos de um agente são armazenados em uma espécie de *biblioteca de planos*, onde inicialmente armazenam os planos que o próprio programador escreveu. Para que um objetivo seja alcançado, a cada ciclo de raciocínio um plano é executado, podendo alterar o ambiente.

III. ALGORITMOS GENÉTICOS E CULTURAIS

Os Algoritmos Genéticos (AGs) foram criados nos anos 60 por John Holland, e desenvolvidos em meados dos anos 70 pelos seus alunos da Universidade de Michigan. Holland tinha como objetivo estudar o fenômeno “evolução” por reprodução (Darwinismo) [Darwin 1859] e de alguma maneira trazer isto para a computação [Goldberg 1989].

A evolução por seleção natural ocorre quando os indivíduos mais adaptados ao meio ambiente tem mais chances de sobreviver. Neste sistema, explorado pelos Algoritmos Genéticos, os cromossomos podem ser explorados e combinados, no intuito de formarem melhores candidatos à solução e, conseqüentemente, encontrar soluções aproximadas para problemas de grande complexidade computacional [Aguiar e Toscani 1997].

Nos cromossomos dos indivíduos está codificado o conhecimento que cada um possui. Há mecanismos de reprodução que modificam esta formação, os mais utilizados são: as mutações, responsáveis por fazer certas alterações, que ocasionalmente são benéficas aos cromossomos; inversões, responsáveis por uma inversão no código do cromossomo; e o cruzamento (*crossover*), que faz uma troca com o material genético dos cromossomos geradores, e é o mecanismo que influencia na eficiência dos AGs.

Por ser uma técnica robusta e efetiva em uma grande área de problemas, os AG's são utilizados em um grande número de problemas e modelos científicos e da engenharia. Eles nem sempre garantem a solução ótima, mas geralmente encontram uma solução aceitável e de maneira rápida.

Por outro lado, as interações e o comportamento social dos humanos também são uma forte influência na otimização da raça humana, além da genética e da evolução, pois as interações sociais ajudam em uma melhor adaptação do ser ao ambiente. Baseado nesta ideia, Robert Reynolds propôs os Algoritmos Culturais (AC's) [Reynolds e Zandoni 1992], como complemento às outras técnicas de computação evolutiva.

Segundo Reynolds, os AC's modelam a evolução cultural de um sistema computacional ao longo do tempo e possuem um mecanismo explícito de aquisição, armazenamento e

³Sigla do inglês *A Java-based AgentSpeak Interpreter Used with Saci for Multiagent Distribution Over the Net*.

integração da experiência e do comportamento dos indivíduos e de grupos.

A utilização dos ACs é indicada para diversos tipos de problemas, como: a) quando se tem grande espaço de busca a ser explorado; b) quando se tem problemas de otimização restrita; c) onde a adaptação pode ocorrer em vários níveis e em várias taxas dentro do espaço populacional e de crença; d) quando se trabalha com ambientes dinâmicos (i.e. *World Wide Web*, etc); entre outros.

IV. AGENTES BDI EVOLUCIONÁRIOS CULTURAIS

A definição de Agentes BDI Evolucionários Culturais surge através de um mapeamento entre os elementos da arquitetura BDI e os Algoritmos Genéticos na plataforma Jason. Este mapeamento consiste em:

- os “cromossomos” dos AGs passam a ser representados na forma das crenças (*beliefs*) dos agentes;
- o processo de reprodução (*crossover*, mutação, etc.) é guiado através dos objetivos dos agentes BDI, ou seja, a reprodução se torna um objetivo com o qual o agente se comprometerá em alcançar executando uma sequência de planos existentes no Jason (passos necessários para o alcance do objetivo final);
- no processo de evolução de suas crenças, os agentes podem se valer da “cultura do SMA”, que é alimentada pelos próprios agentes. Esta cultura pode ser tratada como um artefato do CArTAgO da plataforma JaCaMo, onde nela estão informações comuns e disponíveis a todos os agentes BDI.

V. CONCLUSÃO

Na área de Inteligência Artificial um dos desafios encontrados é a representação de conhecimento, por ser uma propriedade humana difícil de ser representada a fim de ser interpretada por máquinas. Por isso se faz necessário a criação de ferramentas que facilitem o desenvolvimento de agentes artificiais autônomos.

O presente trabalho apresentou uma proposta para estender o trabalho apresentado em [Macedo 2013], interligando os temas ali trabalhados com a arquitetura cognitiva BDI, pois estas facilitam o tratamento das características subjetivas envolvidas no modelo. Até o momento foi feita a implementação de uma aplicação baseada no problema do Caixeiro Viajante – que tenta determinar uma menor rota para percorrer uma série de cidades (visitando cada uma pelo menos uma vez) retornando a cidade de origem – para demonstrar a possibilidade do mapeamento das características de uma arquitetura BDI utilizando a plataforma Jason.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve apoio financeiro do CNPq (Proc. 560118/10-4, 305131/2010-9, 476234/2011-5), FAPERGS (Proc. 11/0872-3) e do Projeto RS-SOC (FAPERGS Proc. 10/0049-7).

REFERÊNCIAS

- [Aguiar e Toscani 1997] Aguiar, M. S. e Toscani, L. V. (1997). Algoritmos genéticos. In *I Workshop sobre métodos formais e qualidade de software*, pages 78–87, Porto Alegre/RS.
- [Bordini et al. 2007] Bordini, R. H., Hübner, J. F., e Wooldridge, M. (2007). *Programming Multiagent Systems in AgentSpeak using Jason*. University of Liverpool: Wiley.
- [Bratman 1987] Bratman, M. (1987). *Intention, plans, and practical reason*. Harvard University Press.
- [Bratman et al. 1988] Bratman, M. E., Israel, D. J., e Pollack, M. E. (1988). Plans and resource-bounded practical reasoning. Technical Report 425, AI Center, SRI International, 333 Ravenswood Ave., Menlo Park, CA 94025. Revised version.
- [Darwin 1859] Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species*. John Murry, London.
- [Dimuro et al. 2011] Dimuro, G. P., da Rocha Costa, A. C., Gonçalves, L. V., e Pereira, D. R. (2011). Recognizing and learning models of social exchange strategies for the regulation of social interactions in open agent societies. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 17(3):143–161.
- [Fiani 2006] Fiani, R. (2006). *Teoria Dos Jogos*. CAMPUS.
- [Georgeff e Lansky 1986] Georgeff, M. P. e Lansky, A. L. (1986). Procedural knowledge. In *Proceedings of the IEEE Special Issue on Knowledge Representation*, volume 74, pages 1383–1398.
- [Goldberg 1989] Goldberg, D. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Artificial Intelligence. Addison-Wesley.
- [Linden 2008] Linden, R. (2008). *Algoritmos Genéticos*. Brasport, 2a edition.
- [Luck e Wooldridge 2004] Luck, M. e Wooldridge, M. (2004). The dmars architecture: A specification of the distributed multiagent reasoning system. In *Autonomous Agents and Multiagent Systems*, pages 1–2.
- [Macedo 2013] Macedo, L. F. K. (2013). Uma abordagem evolucionária e espacial para o jogo da autorregulação de processos de trocas sociais em sistemas multiagentes. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande.
- [Macedo et al. 2012] Macedo, L. F. K., Dimuro, G. P., Aguiar, M. S., da Rocha Costa, A. C., Mattos, V. L. D., e Coelho, H. (2012). Analyzing the evolution of social exchange strategies in social preference-based mas through an evolutionary spatial approach of the ultimatum game. In *Social Simulation (BWSS), 2012 Third Brazilian Workshop on*, pages 83–90.
- [Pereira et al. 2008a] Pereira, D. R., Gonçalves, L. V., Dimuro, G. P., e Costa, A. C. (2008a). Constructing bdi plans from optimal pomdp policies, with an application to agentspeak programming. pages 240–249, Santa Fe, Argentina.
- [Pereira et al. 2008b] Pereira, D. R., Gonçalves, L. V., Dimuro, G. P., e Costa, A. C. (2008b). Towards the self-regulation of personality-based social exchange processes in multiagent systems. In Zaverucha, G. e Costa, A. L., editors, *Advances in Artificial Intelligence - SBIA 2008*, volume 5249 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 113–123. Springer Berlin Heidelberg.
- [Piaget e Smith 1995] Piaget, J. e Smith, L. (1995). *Sociological Studies*. Taylor & Francis.
- [Rao e Georgeff 1991] Rao, A. S. e Georgeff, M. P. (1991). Modeling rational agents within a BDI-architecture. In Fikes, R. e Sandewall, E., editors, *Proc. 2nd Intl. Conf. on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, pages 473–484, San Mateo. Morgan Kaufmann.
- [Rao e Georgeff 1992] Rao, A. S. e Georgeff, M. P. (1992). An abstract architecture for rational agents. In *Proc. of the 3rd International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'92)*, pages 439–449. Morgan Kaufmann.
- [Reynolds e Zanoni 1992] Reynolds, R. e Zanoni, E. (1992). Why cultural evolution can proceed faster than biological evolution. In *Proceedings of International Symposium on Simulating Societies*, pages 81–93. sn.