

Um Modelo Híbrido de Agente BDI Fuzzy

Giovani Parente Farias¹, Graçaliz Pereira Dimuro^{1,2} & Antônio Carlos da Rocha Costa^{1,2}

¹Mestrado em Modelagem Computacional

²Centro de Ciências Computacionais

Universidade Federal do Rio Grande

Av. Itália km 8, Campus Carreiros

96201-900 - Rio Grande - RS - BRASIL

{giovanifarias | gracializ | ac.rocha.costa}@gmail.com

Abstract

This work describes the proposal of the development of a hybrid Fuzzy-BDI agent model, in order to allow the agent to deal more appropriately with the uncertainties of the environment, desires, intentions and agent plans, resulting in more efficient and safer applications. The implementation will be carried out using the Jason agent platform.

1. INTRODUÇÃO

A área de Sistemas Multiagentes (SMA) [27, 29] estuda o comportamento de um grupo de agentes que cooperam para resolver um problema que normalmente um único agente não seria capaz de resolver.

Agentes são entidades imersas em ambientes virtuais onde, a partir de sistemas computacionais complexos e técnicas da Inteligência Artificial [23], interagem com outros agentes e com o próprio meio, possuindo capacidade de perceber alterações, agir de acordo com regras pré-definidas ou criadas a partir dessas percepções, comunicar-se e interagir, explicitar e representar entidades, objetos e grandezas físicas com personalidade e autonomia, raciocinar, deliberar e tomar decisão, além de apresentar uma capacidade para aprender.

Como uma entidade, agentes usam a comunicação como mecanismos de troca de informações com o ambiente e entre os próprios agentes. Essa troca, intencional, ocorre a partir de mudanças percebidas no ambiente, realimentando o estado e a capacidade de um agente, em específico no modelo BDI [28, 29].

A arquitetura BDI (*Belief, Desire and Intention*) consiste de um modelo de agentes baseados em crenças, desejos e intenções, e têm sua origem na teoria de raciocínio prático humano. As idéias básicas da abordagem BDI são descrever o processamento interno do estado de um agente utilizando um conjunto de categorias mentais (crença, desejo e intenções) e definir uma arquitetura de controle através da qual o agente seleciona racionalmente o curso de suas ações.

A linguagem *AgentSpeak* [4], inspirada na arquitetura BDI, é uma extensão do paradigma de programação em lógica, tendo sido a abordagem predominante na implementação de agentes inteligentes ou “racionais”.

O Jason [3] é um interpretador da linguagem *AgentSpeak* e possui capacidade de implementar as facilidades esperadas e previstas para agentes em um ambiente social, em especial a comunicação.

A maioria das arquiteturas de agentes desenvolvidas até o momento têm sido estabelecidas para tratar informações com base na lógica clássica, onde uma proposição ou é verdadeira ou é falsa. Observa-se, entretanto, que no modelo BDI o conhecimento de um agente sobre o mundo pode ser incompleto, vago, incerto, ambíguo. Esse tipo de incerteza nas crenças do agente (i.e., informações que um agente acredita ter sobre o mundo no qual ele se encontra e sobre si mesmo) não está previsto na arquitetura BDI. Também não são tratadas as incertezas em desejos e intenções, informações que poderiam ser úteis para que a atuação do agente fosse mais eficiente. [6, 13, 14]

Por outro lado, a Lógica Fuzzy [1, 2, 9, 21, 22, 30], utilizada para a modelagem de raciocínio com incertezas, permite descrever de forma aproximada e efetiva as ca-

racterísticas de sistemas complexos ou que não podem ser definidos de forma exata. Assim, a Lógica Fuzzy é uma teoria desenvolvida para o tratamento de informações incertas, vagas ou ambíguas, onde os relacionamentos entre elementos e conjuntos seguem uma transição entre pertinência e não pertinência que é gradual, representados por valores de pertinência intermediários entre o verdadeiro e o falso da lógica clássica.

Este trabalho descreve a proposta de uma dissertação de mestrado, onde pretende-se experimentar um modelo de agente BDI-Fuzzy, desenvolvendo uma arquitetura de agente que possa tratar, de maneira mais adequada, as incertezas do ambiente, desejos, intenções e planos do agente. Este resumo está organizado como descrito a seguir. Na Seção 2, discutem-se brevemente trabalhos relacionados. A proposta do modelo híbrido BDI-Fuzzy é resumida na Seção 3. As considerações finais estão na Seção 4.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Na literatura existem várias referências ao uso da Lógica Fuzzy para possibilitar aos agentes mecanismos de decisão mais adaptáveis à realidade, podendo ter maior flexibilidade em ambientes complexos e dinâmicos.

Em [17], por exemplo, foi observado que modelos de agentes simples, como os que são normalmente utilizados nas ferramentas existentes, não são nem suficientes nem adequados para lidar com a incerteza e a subjetividade que devem ser considerados na análise de valores (como, p.ex., confiança) na sociedade humana. Por este motivo, esses autores, utilizaram a Lógica fuzzy para especificar os atributos de agentes que representam indivíduos, a evolução das mentes dos agentes, a herança, o relacionamento e a similaridade entre indivíduos.

Zadeh [31] salientou o princípio da incompatibilidade, que estabelece que “complexidade e precisão são propriedades incompatíveis”, argumentando que abordagens baseadas em conceitos quantitativos são inadequadas para modelar o conhecimento humano em processos complexos. Assim, nos trabalhos de simulação social baseada em agentes em [15, 32], facetas e traços de personalidades humanas foram especificadas (de acordo com os modelos *Big Five* e *OCEAN*) como regras condicionais em agentes fuzzy (que são capazes de executar raciocínio aproximado qualitativo), para realizar simulação do comportamento humano.

Já em [12], a Lógica Fuzzy foi utilizada para avaliação de trocas sociais entre agentes baseados em personalidades, propondo a análise das interações entre agentes com base na noção de equilíbrio fuzzy em trocas de serviços entre agentes.

Em [24] foi apresentada uma aplicação da Lógica

Fuzzy na simulação de comportamentos humanos a redes sociais, representando elementos comportamentais, tais como estresse, motivação ou fadiga, e aspectos sociológicos.

Finalmente, no contexto de agentes BDI, nos trabalhos em [5, 6, 7] foi proposto um modelo geral para agentes BDI graduados, e uma arquitetura, baseada em sistemas multi-contextos, para modelar atitudes mentais graduadas, em sentido similar ao da Lógica Fuzzy. Em outro trabalho [8], um modelo de agente BDI graduado baseado em sistemas multi-contextos foi utilizado para especificar um agente para assistência a viagens, que ajuda turistas a escolher pacotes de férias. Cabe ressaltar também o trabalho inicial em lógicas BDI Fuzzy em [10].

Uma arquitetura BDI Fuzzy para agentes sociais foi proposta em [20], com uma proposta inicial para a modelagem de sociedades cooperativas de agentes, apontando para as condições sociais necessárias para os agentes formarem intenções e conjuntas e ações conjuntas.

Em [19], foi proposto um modelo híbrido de agente BDI para operações em terminais de *containers*, que estendem as características de aprendizagem e adaptabilidade do modelo tradicional com redes neurais e sistemas de inferência neuro-fuzzy, possibilitando a melhora no processo de tomada de decisão em ambientes complexos e dinâmicos. Uma versão mais atualizada do modelo foi apresentada em [26], no contexto de redes sensoriais sem fio.

Outra extensão ao modelo BDI com características fuzzy é o modelo *Agent Fuzzy Decision-Making* (AFDM) [25], que permite que agentes BDI possam tomar decisões com base em julgamentos quantificados de forma fuzzy.

Também em [16], foi proposta o modelo BDI neuro-fuzzy AUV (*autonomous underwater vehicle*), que consiste de uma rede neural de vários níveis, onde um deles é de elaboração de intenções fuzzy a partir das crenças e desejos do agente.

Assim, sabe-se que a Lógica Fuzzy vem sendo utilizada em simulações baseadas em agentes, principalmente em simulação social, mas também são vários os trabalhos com modelos BDI híbridos.

Finalmente, observou-se que sistemas de percepção fuzzy têm sido empregados em agentes e, principalmente, em *robots* (veja, p.ex, em [11]), mas não relacionados à arquitetura BDI.

Uma etapa inicial deste trabalho definiu um mecanismo de percepção fuzzy para o modelo BDI, com aplicação ao modelo presa-predador fuzzy. [13, 14] Neste trabalho foi utilizado o método de inferência fuzzy de Takagi-Sugeno-Kang [18], que elimina a etapa de *defuzificação*.

3. A PROPOSTA DE UM MODELO DE AGENTE BDI-FUZZY

A proposta deste trabalho é experimentar um modelo de agente BDI Fuzzy, onde pretende-se implementar uma arquitetura de agente que possa tratar, de maneira mais adequada, as incertezas relativas ao ambiente e ao próprio agente. Esta proposta se difere das encontradas na literatura, considerando os seguintes elementos:

- **Percepção Fuzzy:** o agente deverá ser dotado de um mecanismo de avaliação fuzzy dos dados obtidos sobre o ambiente através de seus sensores (tais como: distância, temperatura, nuances de cores, etc.) e também sobre si mesmo (p.ex., peso, altura, idade, condição física, etc.). O mecanismo de percepção fuzzy deverá ser uma variação do já introduzido inicialmente em [13, 14], onde pretende-se considerar um método de inferência diferente do método de Takagi-Sugeno-Kang [18] adotado naquele trabalho (como, por exemplo, o método de Mandani [1]), que possa mais naturalmente refletir a percepção fuzzy nas crenças fuzzy do agente;
- **Grau da Crença Fuzzy:** representa o quanto o agente acredita que uma informação sobre o ambiente ou sobre si mesmo (suas habilidades na realização de ações) está correta;
- **Grau no Desejo Fuzzy:** permite ao agente estabelecer diferentes níveis de preferência, assim como diferentes níveis de sucesso aceitáveis;
- **Grau nos Planos Fuzzy:** também indica uma medida de preferência, mas nesse caso, na forma de o quanto esse plano é bom para se atingir uma meta, baseado nas crenças sobre as habilidades do próprio agente.

Assim, com base em uma representação fuzzy para crenças, desejos, intenções e planos, agente BDI Fuzzy deverá também ser dotado de um mecanismo fuzzy de seleção de objetivos, assim como de um mecanismo fuzzy de seleção de planos, que levem em conta os graus fuzzy em crenças, desejos e planos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal resultado que pretende-se com este trabalho é o modelo híbrido de agente BDI Fuzzy, cuja aplicação acredita-se mostrar adequada em problemas e ambientes com informação vaga, imprecisa, incerta, onde modelos BDI clássicos podem não apresentar o comportamento desejado [6, 13, 14].

A implementação do modelo na plataforma Jason viabilizara sua utilização em aplicações diversas, onde o

problema do tratamento de informações vagas seja importante ou essencial.

O desenvolvimento do estudo de caso permitirá a avaliação da proposta em um contexto multidisciplinar.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado pela FAPERGS e pelo CNPQ (Proc. 473201/07-0, 307185/07-9, 307879/06-2, 483257/09-5, 304580/07-4). Os autores agradecem a Rafael Bordini (UFRGS) pelas valiosas sugestões.

Referências

- [1] L. C. Barros and R. C. Bassanezi. *Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática*. IMECC/UNICAMP, Campinas, 2006.
- [2] G. Bojadziev and M. Bojadziev. *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Applications*. World Scientific, Singapore, 1995.
- [3] R. H. Bordini and J. F. Hübner. Jason – a java-based agentspeak interpreter used with saci for multi-agent distribution over the net, 2004. (available at <http://jason.sourceforge.net/>).
- [4] R. H. Bordini, J. F. Hübner, and M. Wooldridge. *Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak using Jason*. Wiley, New Jersey, 2007.
- [5] A. Casali, L. Godo, and C. Sierra. Graded BDI models for agent architectures. In *Computational Logic in Multiagent Systems*, volume 3487 of *LNAI*, pages 126–143. Springer, Berlin, 2005.
- [6] A. Casali, L. Godo, and C. Sierra. Modelos BDI graduados para arquitecturas de agentes. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 9(26):67–75, 2005.
- [7] A. Casali, L. Godo, and C. Sierra. Multi-context specification for graded BDI-agent. In C. Ghidini, editor, *Doctoral Consortium - Fifth International Conference on Modeling and Using Context (CONTEXT-05)*, pages 31 – 40, Paris, 2005. LIP 6.
- [8] A. Casali, L. Godo, and C. Sierra. Modeling travel assistant agents: a graded BDI approach. In *Artificial Intelligence in Theory and Practice*, volume 217 of *IFIP International Federation for Information Processing*, pages 415–424. Springer, Berlin, 2006.
- [9] G. Chen and T. T. Pham. *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems*. CRC Press, New York - USA, 2000.

- [10] A. P. Cruz. Lógicas BDI fuzzy. Master's thesis, UFRN, 2008.
- [11] F. Cuesta and A. Ollero. Intelligent control of mobile robots with fuzzy perception. In *Intelligent Mobile Robot Navigation*, volume 16 of *Springer Tracts in Advanced Robotics*, pages 79–122. Springer, Berlin, 2005.
- [12] G. P. Dimuro, A. V. Santos, G. P. Bedregal, and A. C. R. Costa. Fuzzy evaluation of social exchanges between personality-based agents. In L. S. Lopes, N. Lau, P. Mariano, and L. M. Rocha, editors, *New Trends In Artificial Intelligence, Proc. of 14th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, EPIA'2009*, pages 451–462, Aveiro, 2009. APIA/Universidade de Aveiro.
- [13] G. P. Farias. Um modelo de percepção fuzzy para agentes BDI. Technical report, UCPEL, Pelotas, 2009. (Projeto de Graduação em Ciência da Computação, orientadora: G.P. Dimuro, disponível em <http://www.gracalizdimuro.com/activities.html>).
- [14] G. P. Farias, G. P. Dimuro, and A. C. R. Costa. Um modelo de percepção fuzzy para agentes BDI. In L. A. O. Rocha and S. S. C. Botelho, editors, *Proc. of the 3rd Southern Conference on Computational Modeling*, pages 254–257, Rio Grande, 2009.
- [15] N. Ghasem-Aghaee and T. I. Ören. Towards fuzzy agents with dynamic personality for human behavior simulation. In *Proc. of the 2003 Summer Computer Simulation Conference, Montreal, July 20-24, 2003*, pages 3–10, San Diego, 2003. SCS.
- [16] L. Hai-bo, G. Guo-chang, S. Jing, and F. Yan. AUV fuzzy neural BDI. *Journal of Marine Science and Application*, 4(3):37–41, 2007.
- [17] S. Hassan, L. Garmendia, and J. Pavón. Agent-based social modeling and simulation with fuzzy sets. In E. Corchado, J. M. Corchado, and A. Abraham, editors, *Innovations in Hybrid Intelligent Systems*, number 44 in *Advances in Soft Computing*, pages 40–47. Springer, Berlin, 2008.
- [18] K. Ishii and M. Sugeno. A model of human evaluation process using fuzzy measure. *International Journal of Man-Machine Studies*, 22(1):19–38, 1985.
- [19] P. Lokuge and D. Alahakoon. Decisions based upon multiple values: the BVG agent architecture. In N. R. Pal, Nikola Kasabov, Rajani K. Mudi, Srimanta Pal, and Swapan K. Parui, editors, *Neural Information Processing*, number 3316 in *LNCS*, pages 941–946, Berlin, 2004. Springer.
- [20] S. A. Long and A. C. Esterline. Fuzzy BDI architecture for social agents. In N. R. Pal, Nikola Kasabov, Rajani K. Mudi, Srimanta Pal, and Swapan K. Parui, editors, *Proceedings of the IEEE Southeastcon 2000*, pages 68–74, Los Alamitos, 2000. IEEE.
- [21] H. T. Nguyen and E. A. Walker. *A First Course in Fuzzy Logic*. Chapman & Hall/Crc, Las Cruces, New Mexico, third edition, 2006.
- [22] T. J. Ross. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Wiley, New Mexico, 2004.
- [23] S. Russel and P. Norvig, editors. *Inteligência Artificial*. Elsevier/Campus, Rio de Janeiro, 2004.
- [24] E. Sabeur and G. Denis. Human behavior and social network simulation: Fuzzy sets/logic and agents-based approach. In *Proc. of the 2007 Spring Simulation Multi-Conference, Norfolk, 2007*, pages 102–109, San Diego, 2007. SCS.
- [25] S. Shen, G. M. P. O'Hare, and R. Collier. Decision-making of BDI agents, a fuzzy approach. In *Proceedings of The Fourth International Conference on Computer and Information Technology*, pages 1022–1027, Washington, 2004. IEEE.
- [26] S. Shen, G. M. P. O'Hare, and M. J. O'Grady. Fuzzy-set-based decision making through energy-aware and utility agents within wireless sensor networks. *Artificial Intelligence Review*, 27(2-3):165–187, 2008.
- [27] G. Weiss, editor. *Multiagent Systems - A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1999.
- [28] M. Wooldridge. *Reasoning about Rational Agents*. Intelligent Robots and Autonomous Agents. The MIT Press, Cambridge, 2000.
- [29] M. J. Wooldridge. *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1999.
- [30] L. A. Zadeh. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8:338–353, 1965.
- [31] L. A. Zadeh. Is there a need for fuzzy logic? *Information Sciences*, 178(13):2751–2779, 2008.
- [32] T. I. Ören and N. Ghasem-Aghaee. Personality representation processable in fuzzy logic for human behavior simulation. In *Proc. of the 2003 Summer Computer Simulation Conference, Montreal, July 20-24, 2003*, pages 11–18, San Diego, 2003. SCS.