

Transferência de Conhecimento em Sistemas Multiagentes: Uma Análise no Nível de Agentes, Organizações e Sociedades

Marcone de Freitas Marques, Giovani Parente Farias,
Eder Mateus Nunes Gonçalves, Diana Francisca Adamatti

¹Centro de Ciências Computacionais – Universidade Federal do Rio Grande
Av. Itália, s/n - km 8 - Carreiros – 96.170-000 – Rio Grande – RS – Brazil

{mmsap1998, giovanifarias, dianaada}@gmail.com

edergoncalves@furg.br

Abstract. *This paper presents an analysis of agents, multi-agent systems, and knowledge transfer. It proposes a classification of different types of transfer: agents, organizations, and societies. It investigates how policies for agent-based task performance are understood in the literature, also presents future work.*

Resumo. *O trabalho apresenta uma análise de agentes, sistemas multiagentes e modelos de transferência de conhecimento. Propõe-se a classificação de diferentes tipos de transferência a partir de três níveis de interação: agentes, organizações e sociedades, investigando como políticas para a realização de tarefas por agentes são compreendidas na literatura, bem como apresenta as possibilidades de trabalhos futuros a serem realizados.*

1. Introdução

Os Sistemas Multiagentes (SMA) representam uma área crucial de investigação dentro da inteligência artificial. Eles simulam cenários complexos, onde diversas entidades autônomas, conhecidas como agentes, colaboram com o propósito de atingir metas específicas. Cada agente possui características como autonomia, habilidade de analisar o ambiente, capacidade de dedução lógica e aptidão para decidir [Russell et al. 1995]. Suas ações são orientadas por seus objetivos, e a comunicação entre eles é coordenada por padrões e regras sociais que estruturam o ambiente, formando uma base para o comportamento coletivo [Demazeau 1995].

A transferência de conhecimento surge como um mecanismo essencial para a evolução e a eficiência desses sistemas. Num contexto em que um agente se encontra em um ambiente desconhecido, a troca de conhecimento com entidades mais experientes torna-se fundamental para melhorar a sua atuação e reduzir a necessidade de aprendizagem por tentativa e erro prolongado. Esta aptidão para reutilizar o aprendizado em novas tarefas, um conceito central da Aprendizagem por Transferência (TL), impulsiona o método de desenvolvimento e aperfeiçoa os meios computacionais [Pan and Yang 2010].

O objetivo deste trabalho é analisar essas interações pela perspectiva de transferência de conhecimento em três níveis: o nível individual do agente, o nível de agrupamento das organizações e a macroestrutura das sociedades. Ao categorizar a transferência de conhecimento dessa forma, é possível estabelecer uma base teórica para a criação de sistemas mais sólidos, que possam ser utilizados em situações reais e desafiadoras.

2. Referencial Teórico

2.1. Agentes e Sistemas Multiagentes

Agentes são unidades independentes com habilidades de percepção, raciocínio e ação, criadas para operar em ambientes mutáveis [Wooldridge 2009]. A complexidade desses agentes varia: alguns reagem diretamente a estímulos, enquanto outros deliberam antes de agir. A combinação desses agentes forma os SMA, conhecidos pela interação contínua, em que colaboração, competição e autonomia são notáveis. A diferença fundamental de um agente em comparação a um objeto passivo é sua capacidade de raciocinar, comunicar e tomar decisões de forma autônoma. Eles são projetados para atuar a fim de maximizar uma medida de desempenho, baseada em seus objetivos e nas informações percebidas. Em cenários computacionais de SMA, vemos a colaboração de múltiplos agentes, que procuram atingir suas metas por meio da interação. Essa interação pode envolver tanto cooperação quanto competição, ou até uma combinação de ambas [Lesser 2002]. A complexidade desses sistemas é evidente na interligação entre os agentes e na possibilidade do surgimento de comportamentos complexos que não seriam perceptíveis ao se observar cada agente separadamente.

2.2. O conhecimento em SMA

No campo da inteligência artificial, a ideia de conhecimento está intimamente ligada à racionalidade. Um sistema pode ser considerado detentor de conhecimento se for capaz de emular um comportamento racional, utilizando estruturas de dados para simbolizar objetos, processos e relações. O trabalho de [Newell 1982] acerca do "nível de conhecimento" demonstra que as ações de um agente podem ser compreendidas ao analisarmos seus objetivos e o que ele sabe, sem precisarmos detalhar como seu sistema de raciocínio funciona internamente. O conhecimento em SMA pode ser hierarquizado em diferentes níveis, refletindo a estrutura do coletivo.

- **Conhecimento dos Agentes:** No nível mais fundamental, o conhecimento é individual e se manifesta na forma de crenças, objetivos e planos de ação. O "nível de conhecimento" descreve os agentes em termos de suas ações e objetivos, sem se aprofundar nos detalhes de sua implementação interna [Newell 1982].
- **Conhecimento das Organizações:** Este nível refere-se em essência ao conhecimento compartilhado entre um grupo de agentes estruturados. O conhecimento organizacional pode envolver a atribuição de papéis, a divisão de tarefas e o desenvolvimento de relacionamentos hierárquicos ou de colaboração. A troca de informações e a coordenação entre os agentes impactam a organização em sua totalidade, definindo sua capacidade para solucionar problemas [Takadama et al. 2000].
- **Conhecimento em Sociedades:** Em sistemas com um grande número de agentes, a complexidade exige uma abordagem focada na perspectiva social, onde os agentes assumem papéis como administradores ou cidadãos. O conhecimento, nesse contexto, ganha forma de regras, diretrizes e padrões que orientam as interações e impõem restrições ao ambiente, garantindo a ordem a transmissão correta das informações [Shoham and Tennenholtz 1995].

2.3. A Transferência de Conhecimento e suas Principais Técnicas

Em SMA, a transferência de conhecimento ocorre quando um agente utiliza o conhecimento adquirido por outro para aprimorar seu próprio desempenho em uma tarefa similar. Essa abordagem demonstra ser mais eficaz do que começar o aprendizado do absoluto zero, já que possibilita ao agente tirar proveito do aprendizado anterior. As principais técnicas que são utilizadas e podem ser encontradas de maneira ampla na literatura para a transferência de conhecimento são:

- **Aprendizado por Reforço (AR):** O aprendizado por reforço é uma abordagem de *machine learning* onde um agente aprende a tomar decisões em um ambiente para maximizar uma recompensa cumulativa. O processo envolve um agente interagindo com um ambiente em uma série de estados, tomando ações e recebendo *feedbacks* na forma de recompensas. Em um contexto multigente, o AR pode ser escalável, mas as abordagens clássicas podem demandar um grande número de interações, o que aumenta consequentemente o custo computacional [Busoniu et al. 2008].
- **Aprendizagem por Transferência (AT):** O principal propósito desta técnica é otimizar a velocidade do aprendizado, aproveitando o conhecimento adquirido em uma tarefa (domínio fonte) para aprimorar a performance em uma atividade distinta, embora interligada (domínio alvo) [Pan and Yang 2009]. Em SMA, o AT viabiliza que um agente transfira habilidades de um ambiente para outro, como por exemplo, ao transferir o conhecimento de uma tarefa de navegação em um labirinto simples para um mais complexo, resultando em um aprendizado mais rápido [Taylor and Stone 2009].

2.4. Níveis para a Transferência de Conhecimento em SMA

A transferência de conhecimento pode ser categorizada em uma hierarquia de três níveis, que refletem a complexidade das interações:

- **Nível do Agente:** É o nível mais básico e direto, nele a troca de informações ocorre entre agentes individuais. Essa transferência toma como base a comunicação de racionalidades e crenças através de protocolos de interação definidos, como a comunicação sobre estados do ambiente ou as melhores ações a serem tomadas.
- **Nível da Organização:** A transferência de conhecimento nesse nível envolve a troca de estratégias e planos. As organizações de agentes são responsáveis por coordenar as ações de seus membros para resolver problemas complexos. Os planos de ação são a manifestação do conhecimento organizacional, detalhando a alocação de recursos e as sequências de tarefas para alcançar os objetivos.
- **Nível da Sociedade:** Por fim, no topo da hierarquia temos as sociedades de agentes as quais transferem políticas e normas sociais. Essas políticas, criadas no nível organizacional, impõem restrições ao ambiente e aos agentes, orientando suas ações. O conhecimento transmitido aqui diz respeito às normas e às regras e convenções sociais que regulam o SMA como um todo, desta forma garantindo a coesão e a funcionalidade da comunidade de agentes.

3. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho analisa a transferência de conhecimento no contexto de sistemas multiagentes, apresentando uma estrutura hierárquica em três níveis: agente, organização e sociedade. Foi discutido como as principais técnicas de aprendizado, como AR e AT, cruciais para realizar tal transferência. A combinação dessas abordagens emerge como uma estratégia robusta para lidar com a complexidade e a escalabilidade dos SMA.

Para trabalhos futuros, propõe-se o desenvolvimento e análise da transferência de conhecimento para diferentes cenários de modelos organizacionais. O objetivo é investigar a dinâmica e a eficiência em quatro casos específicos, que variam na similaridade entre organizações e papéis. A implementação prática permitirá uma validação empírica dos conceitos teóricos apresentados, explorando as seguintes situações:

1. **Organizações Diferentes e Papéis Diferentes:** Análise da transferência de conhecimento entre contextos completamente distintos, o que representa o maior desafio.
2. **Organizações Diferentes e Papéis Iguais:** Estudo da transferência de habilidades e conhecimento para um papel específico que se mantém consistente em diferentes ambientes organizacionais.
3. **Organizações Iguais e Papéis Diferentes:** Análise da linha de base, onde a transferência ocorre entre agentes que compartilham a mesma estrutura e função.
4. **Organizações Iguais e Papéis Iguais:** Investigação da transferência de conhecimento entre agentes que pertencem ao mesmo grupo, mas desempenham funções distintas, o que pode revelar a importância da comunicação inter-papéis.

4. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- Busoniu, L., Babuska, R., and De Schutter, B. (2008). A comprehensive survey of multiagent reinforcement learning. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 38(2):156–172.
- Demazeau, Y. (1995). From interactions to collective behaviour in agent-based systems. In *European Conference on Cognitive Science*, volume 95.
- Lesser, V. R. (2002). Cooperative multiagent systems: A personal view of the state of the art. *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, 11(1):133–142.
- Newell, A. (1982). The knowledge level. *Artificial intelligence*, 18(1):87–127.
- Pan, S. J. and Yang, Q. (2009). A survey on transfer learning. *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, 22(10):1345–1359.
- Pan, S. J. and Yang, Q. (2010). A survey on transfer learning. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 22(10):1345–1359.
- Russell, S., Norvig, P., and Intelligence, A. (1995). A modern approach. *Artificial Intelligence. Prentice-Hall, Englewood Cliffs*, 25(27):79–80.
- Shoham, Y. and Tennenholtz, M. (1995). On social laws for artificial agent societies: off-line design. *Artificial Intelligence*, 73(1):231–252. Computational Research on Interaction and Agency, Part 2.
- Takadama, K., Terano, T., and Shimohara, K. (2000). Learning classifier systems meet multiagent environments. In *International Workshop on Learning Classifier Systems*, pages 192–210. Springer.
- Taylor, M. E. and Stone, P. (2009). Transfer learning for reinforcement learning domains: A survey. *Journal of Machine Learning Research*, 10(7).
- Wooldridge, M. (2009). *An introduction to multiagent systems*. John wiley & sons.