

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 e 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 rationalidades 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:

- Organizações Diferentes e Papéis Diferentes:** Análise da transferência de conhecimento entre contextos completamente distintos, o que representa o maior desafio.
- Organizações Diferentes e Papéis Iguais:** Estudo da transferência de habilidades e conhecimento para um papel específico que se mantém consistente em diferentes ambientes organizacionais.
- Organizações Iguais e Papéis Diferentes:** Análise da linha de base, onde a transferência ocorre entre agentes que compartilham a mesma estrutura e função.
- 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, Egnlewood 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.