

Um estudo sobre sistemas multiagentes e a categorização de diferentes níveis para a transferência de conhecimento

Paulo Felipe G. L. Rodrigues¹, Diana F. Adamatti¹, Eder Mateus N. Gonçalves¹

¹Centro de Ciências Computacionais (C3)

Universidade Federal do Rio Grande (FURG) – Rio Grande – RS – Brasil

paulorodrigues@furg.br, {dianaada, eder.m.golcalves}@gmail.com

Abstract. *This article presents an analysis of agents, multi-agent systems, knowledge transfer and techniques for transfer. It is proposed to classify different types of transfer, separated into layers for the level of agents, organizations and societies, investigating how policies for carrying out tasks by agents are understood in the literature.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma análise sobre agentes, sistemas multiagentes, transferência de conhecimento e técnicas para a transferência. Propõem-se a classificação de diferentes tipos de transferência, separadas em camadas para o nível de agentes, organizações e sociedades, investigando como políticas para a realização de tarefas por agentes são compreendidas na literatura.*

1. Introdução

Um sistema multiagente é composto por um ou mais ambientes, e os agentes dispostos nestes mundos. Um agente deve ser projetado com um objetivo e precisa realizar tarefas, individualmente, em conjunto ou antagonicamente, para alcançá-lo. As ações tomadas por agentes alteram o ambiente em cena, algo que podemos relacionar a um cenário de um jogo digital por exemplo. As ações de um agente visam a adaptação ao ambiente e suas mudanças [Grover et al. 2018, Lesser 1999, McArthur et al. 2007].

Agentes inteligentes são autônomos e possuem a capacidade de percepção, de raciocinar sobre ações, de interação com outros agentes e decisão. Essas interações são definidas com base em uma linguagem comum estabelecida e nos objetivos de cada agente. O comportamento de um agente é regido pelo ambiente em sua volta e as atividades que podem ser realizadas para a conclusão de objetivos [Demazeau 1995, McArthur et al. 2007, Tuyls and Stone 2017].

Tanto as atividades quanto as interações de agentes são restringidas por normas e políticas de convenção social. Estas medidas definirão os níveis para a troca de conhecimento entre agentes e a formação de organizações e sociedades em um ambiente [Demazeau 1995, Huhns and Stephens 1999, Shoham and Tennenholtz 1995, Takadama et al. 2000].

Para a realização da transferência de conhecimento em sistemas multiagentes, algumas técnicas como *Transfer learning* - *TL* (Aprendizagem por Transferência) e *Reinforcement learning* - *RL* (Aprendizado por Reforço) são empregadas e podem ser encontradas com frequência na literatura. A transferência de conhecimento mostra-se importante,

pois impacta no quão bem um agente consegue concluir suas atividades e no grau de complexidade atribuído a este ator. Um agente em um ambiente desconhecido, aprende com outro agente ao trocar conhecimentos/políticas [Liang and Li 2020].

Este artigo tem o objetivo de instanciar o problema de transferência de conhecimento sobre os diferentes níveis de um sistema multiagente, a saber, agente, organização e sociedade. Além disso, visa discutir sobre as principais técnicas existentes para a transferência de conhecimento. Desta forma, torna-se possível obter uma base teórica e prática para um melhor entendimento de como aplicar os conceitos estudados em modelos de organizações e sociedades de agentes. O trabalho está estruturado em uma seção dedicada a uma revisão dos conceitos acerca dos temas dispostos, uma visão sobre os diferentes níveis para a transferência de conhecimento, separados em camadas de agentes, sociedades e organizações, e sua conclusão.

2. Referencial Teórico

Nesta seção serão apresentadas contribuições bibliográficas acerca dos temas propostos para o artigo.

2.1. Agentes

Objetos tornam-se agentes quando estão associados a capacidade de percepção, comunicação, raciocínio e decisão. Tais capacidades permitem aos agentes processarem autonomamente a informação para resolver um problema e o sistema a ser simulado, além da informação relativa a outros agentes, ao domínio e ao idealizador/utilizador [Demazeau 1995].

2.2. Sistemas Multiagentes

[Lesser 1999] define sistemas multiagentes como ambientes computacionais em que agentes interagem ou trabalham de forma cooperativa para satisfazer seus objetivos. Estes ambientes podem ser heterogêneos ou homogêneos, considerando um agente disposto em um sistema como um objeto resolvidor de problemas, com certo grau de autonomia.

2.3. Conhecimento

Um sistema de inteligência artificial que possua e utilize estruturas de dados que contenham objetos e processos, por exemplo, pode ser classificado como um sistema representativo de conhecimento, sendo esta representação um dos principais problemas nesta área de estudo [Newell et al. 1982].

De acordo com [Newell et al. 1982], o conhecimento é intimamente ligado a racionalidade. Segundo o autor, sistemas com agentes capazes de emular certo grau de racionalidade podem ser classificados como possuidores de conhecimento. Este conhecimento é capaz de realizar ações para alcançar objetivos.

2.3.1. Conhecimento dos Agentes

[Newell et al. 1982] elabora o conceito de nível de conhecimento (*knowledge level*), para a representação do mesmo. O nível de conhecimento é composto por agentes, que representam um sistema, onde seus componentes são os objetivos, ações e os respectivos

corpos. Um agente em si é composto por estas partes. Os processos dos agentes devem determinar quais decisões serão tomadas pelos atores. A divisão é realizada da seguinte forma:

- Em um primeiro momento, o agente;
- Em seguida, o conhecimento. Através dele, os agentes podem determinar quais ações são apropriadas em situações específicas;
- No último caso, em relação as leis de comportamento, está o princípio da racionalidade, onde são selecionadas estas ações para atingir os objetivos gerados pelo comportamentos dos agentes.

2.3.2. Conhecimento das Organizações

Conforme [Demazeau 1995], as organizações de agentes podem ser dinâmicas, inspiradas em estudos biológicos, ou mais rígidas, inspiradas em leis sociais e baseadas em estudos sociológicos. As trocas de informação e conhecimento entre os agentes, afetarão o domínio da aplicação como um todo e a organização em questão.

O conhecimento em nível organizacional pode ser qualificado como aquele referente à realização de tarefas, atribuição de papéis e ao desenvolvimento de relacionamentos em uma determinada organização, como a relação entre uma autoridade e seus subordinados [Takadama et al. 2000].

2.3.3. Conhecimento em Sociedades de Agentes

Quando trabalhamos com inúmeros agentes em um único ambiente, a complexidade do sistema aumenta consideravelmente, inviabilizando manipular estes atores de maneira individual. Para a solução deste problema, deve-se observar os agentes do ponto de vista de uma sociedade multiagente, mais facilmente controlável e operacional [Huhns and Stephens 1999].

Em uma sociedade de agentes, os atores ocuparam os papéis de administradores, tomadores de decisão, associações, cidadãos, entre outros, com problemas a serem resolvidos do tipo ecológico ou econômico, por exemplo. Estas sociedades, por sua vez, serão baseadas por políticas e normas. Os protocolos de interação estabelecidos são fundamentais para uma transmissão correta e compreensão de informações e conhecimentos, que impactarão a sociedade multiagente [Demazeau 1995].

2.4. Transferência de Conhecimento

A transferência de conhecimento é um método para o aprendizado de uma nova tarefa em um novo ambiente. Em sistemas multiagentes quando um agente não conhece o ambiente em que está disposto e busca aprender para aumentar suas recompensas, ele se beneficia ao trocar conhecimento com outro agente mais experiente [Liang and Li 2020].

2.4.1. Técnicas

Reinforcement Learning - RL, ou Aprendizado por Reforço, é um das técnicas mais populares e flexíveis para o treinamento de agentes autônomos e transferência de co-

nhecimento, tratando-se de um *framework* bastante empregado em problemas referentes a tomada de decisão. Consiste basicamente de ações aplicadas em um ambiente comum, observando-se o quão boa uma ação se prova em diferentes situações. Todavia, as abordagens clássicas de RL necessitam de muitas interações dos agentes com o ambiente, para o aprendizado de como resolver tarefas, o que pode resultar em um grande custo computacional caso estejam dispostos muitos agentes com muitas tarefas no mesmo mundo, com os agentes errando várias vezes até acertarem em como resolver suas atividades. Esses problemas de escalabilidade intensificam-se em sistemas multiagentes, pois o tomador de decisões precisará raciocinar sobre os outros agentes no mundo [Liang and Li 2020, Silva 2019].

Já a *Transfer Learning* - TL, ou Aprendizagem por Transferência, incrementa o aprendizado através da experiência obtida em tarefas relacionadas, em algo chamado reutilização de conhecimento. O objetivo principal ao se reutilizar o conhecimento é acelerar o aprendizado. Um exemplo de Aprendizagem por Transferência é aprender espanhol antes de estudar português, o que torna a compreensão da nova linguagem mais rápida e fácil do que um outro idioma qualquer. Sobre *Reinforcement Learning*, a *Transfer Learning* ao longo dos anos conseguiu escalonar o processo de aprendizado tanto em ambientes de domínio único quanto em multiagentes [Liang and Li 2020, Taylor et al. 2008, Silva 2019].

3. Os níveis para a Transferência de Conhecimento

O nível mais básico é aquele em que ocorre a troca de informações diretas entre os agentes, levando em consideração graus de credibilidade de um agente ao passar informações para outro, a capacidade de raciocínio de um agente e os objetivos de cada um. Em um nível superior, estão as chamadas organizações de agentes. Essas organizações serão as responsáveis por formular estratégias e planos para a resolução de problemas. Por fim, no topo desta hierarquia, as sociedades de agentes. As sociedades de agentes ocorrem a partir do conjunto de agentes e organizações, compostas por políticas e normas sociais. Os diferentes níveis hierárquicos para a troca de conhecimento podem ser exemplificados da seguinte forma:

- 3. As Sociedades, que transferem políticas e normas. As políticas são criadas a partir das organizações e as normas aplicam restrições ao ambiente;
- 2. As Organizações, que transferem estratégias e planos. Os planos executam estas estratégias e são dependentes dos recursos e ações disponíveis para o agente no modelo organizacional;
- 1. Os Agentes, o nível base, que transferem racionalidades e crenças através de seus protocolos de comunicação;

4. Conclusões e Trabalhos Futuros

Foram apresentados temas e considerações sobre agentes, sistemas multiagentes e transferência de conhecimento, propondo-se uma investigação bibliográfica sobre os diferentes tipos de transferência classificados a nível de agentes, organizações e sociedades. Concluiu-se a partir dos tópicos abordados, que técnicas como Aprendizagem por Transferência combinada ao Aprendizado por Reforço mostram-se mais frequentes na literatura desta área em relação ao tratamento do conhecimento por agentes inteligentes, que podem agir de forma cooperativa, antagônica ou individual.

Para trabalhos futuros, têm-se por objetivos o aprofundamento da pesquisa realizada e o possível desenvolvimento de uma vindoura aplicação, como um jogo digital, própria para a realização da transferência de conhecimento nas camadas de transferência aqui expostas, visando o seu correto funcionamento em um ambiente multiagente comum e a decorrente investigação das relações entre agentes. Em paralelo a isto, a utilização de modelos para a representação e estruturação dos processos de troca de conhecimento entre agentes.

Referências

- Demazeau, Y. (1995). From interactions to collective behaviour in agent-based systems. In *In: Proceedings of the 1st. European Conference on Cognitive Science. Saint-Malo*. Citeseer.
- Grover, A., Al-Shedivat, M., Gupta, J., Burda, Y., and Edwards, H. (2018). Learning policy representations in multiagent systems. In *International conference on machine learning*, pages 1802–1811. PMLR.
- Huhns, M. N. and Stephens, L. M. (1999). Multiagent systems and societies of agents. *Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence*, 1:79–114.
- Lesser, V. R. (1999). Cooperative multiagent systems: A personal view of the state of the art. *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, 11(1):133–142.
- Liang, Y. and Li, B. (2020). Parallel knowledge transfer in multi-agent reinforcement learning. *arXiv preprint arXiv:2003.13085*.
- McArthur, S. D., Davidson, E. M., Catterson, V. M., Dimeas, A. L., Hatziaargyriou, N. D., Ponci, F., and Funabashi, T. (2007). Multi-agent systems for power engineering applications—part i: Concepts, approaches, and technical challenges. *IEEE Transactions on Power systems*, 22(4):1743–1752.
- Newell, A. et al. (1982). The knowledge level. *Artificial intelligence*, 18(1):87–127.
- Shoham, Y. and Tennenholtz, M. (1995). On social laws for artificial agent societies: Off-line design. *Artificial intelligence*, 73(1-2):231–252.
- Silva, F. (2019). *Methods and Algorithms for Knowledge Reuse in Multiagent Reinforcement Learning*. PhD thesis.
- Takadama, K., Terano, T., and Shimohara, K. (2000). Which organizational knowledge is useful: rare, medium, or well-done?-comparison of different levels of organizational knowledge in multiagent environments. In *2000 26th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. IECON 2000. 2000 IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation. 21st Century Technologies*, volume 4, pages 2891–2896. IEEE.
- Taylor, M. E., Kuhlmann, G., and Stone, P. (2008). Autonomous transfer for reinforcement learning. In *AAMAS (1)*, pages 283–290.
- Tuyls, K. and Stone, P. (2017). Multiagent learning paradigms. In *Multi-Agent Systems and Agreement Technologies*, pages 3–21. Springer.