

Memória Episódica no Contexto de Criaturas Artificiais

Luiz Fernando Romanini
FEEC – UNICAMP
lfromanini@yahoo.com

RESUMO – O presente trabalho mostra a abordagem dada por algumas arquiteturas cognitivas no que tange a memória declarativa episódica, destrinchando a maneira como tal funcionalidade é implantada em uma criatura artificial, bem como seus principais pontos fortes e suas deficiências.

PALAVRAS-CHAVE – Memória Episódica; Criaturas Artificiais; States, Operators And Reasoning; SOAR; Intelligent Machine Architecture; IMA; Artificial Recognition System; ARS.

I. INTRODUÇÃO

Uma criatura artificial pode ser descrita como um agente situado e incorporado, quer seja num ambiente real, quer seja num ambiente virtual. Idealmente busca-se inserir na figura desse agente funções cognitivas que tornam seu comportamento comparável ao comportamento humano ou ao comportamento animal.

Desenvolver criaturas artificiais capazes de executar suas tarefas com sofisticado grau de autonomia constitui um grande desafio na área de computação cognitiva e, tal tarefa, requer a reprodução de um importante e complexo mecanismo de aquisição, conservação e evocação de informações: a memória.

II. MEMÓRIA EPISÓDICA

A memória episódica descrita neste artigo é baseada no trabalho de neurocientistas e psicólogos (Tulving, 1983). Os neurocientistas distinguem memória declarativa de memória não-declarativa. A memória declarativa, como o

próprio nome sugere, é aquela que pode ser declarada, como fatos, nomes e acontecimentos. Para abranger outros animais, que são incapazes de falar e, portanto, de declarar, essa memória também é chamada explícita. Memórias explícitas chegam ao nível consciente. Já a memória não-declarativa, também chamada de implícita ou procedural, inclui procedimentos motores e não atinge o nível de consciência. Procedimentos já automáticos, como dirigir um veículo, são exemplos de memória procedural.

A memória episódica constitui parte da memória declarativa e foi descrita inicialmente por Endel Tulving no início da década de 70 e posteriormente formalizado em seu livro, *Elements of Episodic Memory* (Tulving, 1983). Segundo Tulving, a memória episódica é a capacidade de recordar informação referente a eventos passados pessoalmente experienciados, contextualizados em um tempo e espaço específicos (Tulving, 2002).

III. MEMÓRIA EPISÓDICA NO CONTEXTO DE CRIATURAS ARTIFICIAIS

Uma arquitetura cognitiva ¹ que componha uma criatura artificial e se proponha a modelar os mecanismos inerentes à memória episódica, deve tratar de alguns tópicos, a saber:

A. Codificação

¹ Arquiteturas cognitivas são estruturas e processos essenciais de um modelo cognitivo computacional de domínio genérico, utilizado em uma análise ampla, em múltiplos níveis e múltiplos domínios, dos fenômenos da cognição e do comportamento.

Quando é registrado um episódio?

Ao registrar um episódio, deve-se pontuá-lo numa escala de classificação contendo os mais diversos graus entre eventos, sejam eles corriqueiros, de baixa significância ou eventos de alta significância, como aqueles oriundos de um forte impacto emocional. Somente episódios cuja significância esteja acima de um determinado limiar devem ser armazenados na memória episódica. A percepção está fortemente vinculada à essa fase.

B. Armazenamento

Como esse episódio é armazenado e gerenciado?

Neste ponto, a arquitetura deve se preocupar em excluir eventos que percam significância ao longo do tempo e recategorizar os eventos conforme a frequência e recorrência dos mesmos. Um evento pode, ocasionalmente, se tornar menos significativo ao longo do tempo e deve ser excluído da memória episódica.

C. Recuperação

O que dispara a procura por episódios e o que leva o episódio a vir à tona?

A arquitetura cognitiva deve conter um mecanismo do tipo gatilho que evoque os episódios da memória episódica segundo um mecanismo de *matching* com o cenário atual. Também pode prever a evocação recursiva de episódios, com um episódio evocando outro episódio, tomando o cuidado para não deixar o sistema se perder em digressões.

Memórias não são retratos do passado. A recordação assemelha-se a um processo de reconstrução do episódio baseado nas experiências de vida. Como grafou Izquierdo (2002), “a evocação da memória é como reconstruir uma casa, quanto mais tijolos estiverem à disposição, melhor será a reconstrução”. Assim, quanto mais detalhes

atenderem ao mecanismo de *matching*, mais eficaz a rememoração.

Durante o processo de recordação, Wheeler (2000) descreveu que as experiências são valoradas emocionalmente, ou seja, as informações episódicas não são compostas unicamente pelo fato, mas estão também imbuídas de julgamentos, perspectivas e emoções no instante da recordação. Assim, cabe à arquitetura incluir um dispositivo de variância de significância durante o processo de recordação.

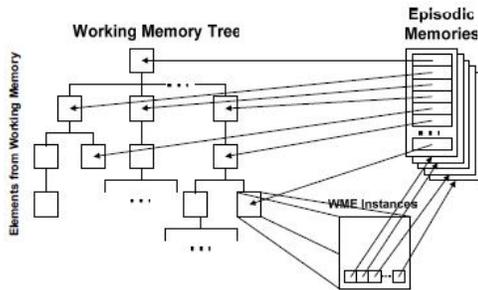
IV. PANORAMA ATUAL

Certas arquiteturas cognitivas se preocuparam em inserir o mecanismo de memória episódica em sua *framework*. Abaixo, segue uma análise de algumas das mais proeminentes.

A. Arquitetura SOAR

A arquitetura SOAR, acrônimo de *States, Operators And Reasoning*, é uma arquitetura criada por John Laird, Allen Newell e Paul Rosenbloom na *Carnegie Mellon University* e atualmente mantida pela equipe de pesquisa de John Laird na *University of Michigan*.

Nuxoll e Laird (2007) testaram um modelo de memória episódica por eles proposto na arquitetura SOAR. Nessa implementação, instantâneos da memória de trabalho seriam coletados e armazenados automaticamente na memória episódica. Durante a fase de recuperação, uma sugestão armazenada na memória de trabalho é comparada às instâncias armazenadas na memória episódica. O episódio que tiver maior semelhança ao cenário registrado na memória de trabalho é selecionado como referência para a tomada de decisões do agente.



Embora amplamente difundida no meio, a arquitetura SOAR falha ao não implementar nenhum mecanismo de emoção. Assim, os episódios são armazenados com a mesma relevância e restaurados sem levar em conta o estado emocional corrente da criatura artificial. A partir de abril de 2012, as memórias episódicas deixaram de ser perenes na arquitetura SOAR. Um mecanismo de esquecimento foi introduzido para liberar espaço de memória na memória episódica, removendo itens desnecessários. Um item de memória é considerado desnecessário ou obsoleto se ele é raramente acessado, ou seja, muito pouco recordado.

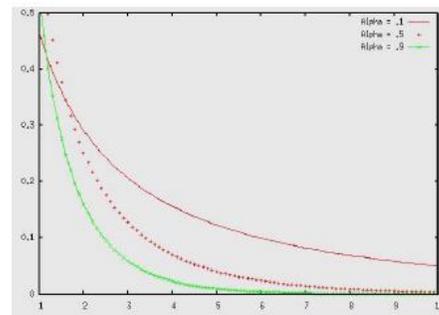
B. Arquitetura IMA

Dodd e Gutierrez (2005) propuseram a criação de um sistema de memória episódica dotada de emoção, cujo propósito é a produção de comportamento inteligente em um robô humanóide. O sistema foi implementado no robô ISAC, ou *Intelligent Soft Arm Control*, através da framework IMA, sigla de *Intelligent Machine Architecture*.

Um episódio é definido como o período de execução de uma tarefa, onde os objetivos do robô não mudem. Um *daemon* de memória episódica lê conteúdos das memórias semântica e de trabalho juntamente com a saliência emocional e grava essas informações na memória episódica.

Uma vez armazenada a memória, a ela é atribuída um coeficiente que representa a

importância emocional (positiva ou negativa) do episódio. Todavia, a significância de um episódio não pode ser alterada voluntariamente, fazendo que sua taxa de evanescência seja constante, assim como o coeficiente de importância emocional, conforme mostra o gráfico:



Ainda conforme o gráfico, outro fator digno de nota é que eventos recentes tem uma importância inicial maior, independente da taxa de decaimento em função do coeficiente. Isso leva a uma variância maior no resgate da memória episódica, mas, por outro lado, pode fazer que eventos de maior saliência emocional fiquem relegados a segundo plano.

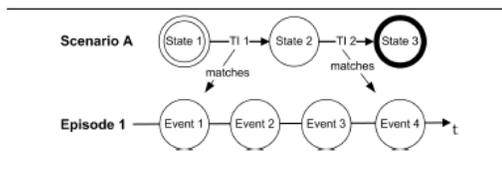
Para a evocação, a busca ocorre nos episódios mais acessados, procurando-se similaridades entre o evento corrente e aqueles previamente armazenados na memória episódica. Por fim, um sistema de emoção de máquina é usado para avaliar a significância do episódio. Se o robô foi recompensado ou punido severamente após a execução da tarefa, faz sentido remeter-se a esse episódio ao invés de um episódio com um baixo *feedback*; dessa forma o robô ISAC saberá se deve buscar ou rejeitar tal ação passada.

C. Arquitetura ARS

Do inglês *Artificial Recognition System*, foi proposta por Pratal e Palensky (2005) e incrementada por Deutsch *et al.* (2008) que adicionaram um módulo de memória episódica.

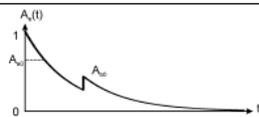
Nesse módulo, a informação proveniente do sensor é percebida como uma imagem, traduzida para símbolos e comparada com um modelo. Cada um dos diversos modelos descreve certas situações e a situação é definida como a composição de toda informação relevante para caracterizar o estado atual do agente. Cada uma das imagens percebidas é comparada com os modelos num processo de *matching*. Se selecionado, o modelo é usado na tomada de decisões.

O sistema também é capaz de detectar sequências de eventos, denominadas “cenários”, comparando cada estado a um evento dentro de uma cadeia de eventos. Um encadeamento de eventos corresponde à um episódio. A figura abaixo ilustra como a relação entre episódios e cenários é tratada pela arquitetura.



Os eventos só são armazenados se tiverem uma significância mínima, chamada de “saliência”. A saliência emocional representa a importância que o evento possui para o agente e leva em conta fatores como taxa de *matches*, ações executadas e os estados emocionais.

Uma vez armazenado o evento, sua saliência diminui com o tempo, podendo levar ao esquecimento do evento. A curva de esquecimento pode ser interrompida temporariamente por uma recordação do evento, conforme a figura abaixo.



Durante a fase de evocação da

memória episódica, a recuperação pode ser espontânea ou deliberativa. Uma evocação espontânea implementa, neste caso, o conceito definido pela psicologia como *Ecphory* (sem tradução para o português).

A *Ecphory* ocorre quando relembramos um evento passado sugestionado por um gatilho, como uma imagem, odor, ou nome. É um componente central da memória autobiográfica.

Se um evento é parte de um episódio armazenado e é encontrado na situação corrente da criatura artificial, a recordação é disparada, ainda que com apenas um único evento do episódio. Tal mecanismo garante ao agente a possibilidade de antecipação.

Adicionalmente, o evento recordado influencia no estado emocional do agente. Se o evento percebido remete o agente para um antigo evento no qual o agente estava nervoso, a emoção referente ao nervosismo será trazida novamente à criatura artificial.

Dessa forma, a arquitetura ARS prima por implementar os três estágios da memória descritos pelos psicólogos, a saber, aquisição, conservação e evocação da memória episódica, levando em conta o estado emocional da criatura artificial. Entretanto, na fase de aquisição, as saliências começam sempre com a mesma significância, não importando se é advinda de um evento traumático. Na fase de conservação, a arquitetura permite o aumento e a diminuição da significância do episódio, podendo levar ao esquecimento; todavia, a taxa de evanescência não muda em função do estado emocional da criatura artificial, isto é, a curva de esquecimento é sempre igual para todos os eventos. Adicionalmente, a arquitetura parece ser adequada apenas para estímulos visuais, além de requerer um conjunto de modelos previamente conhecidos.

V. CONCLUSÃO

Todas as arquiteturas estudadas neste

artigo implementam as fases básicas de aquisição, conservação e evocação da memória. No entanto, a arquitetura SOAR não leva em consideração o estado emocional da criatura artificial durante as fases de aquisição e evocação. A arquitetura IMA, falha ao não se permitir alterar a significância de um episódio já armazenado. Embora orientada apenas à estímulos visuais, a arquitetura ARS parece ser a mais abrangente; entretanto, a saliência emocional começa sempre com o mesmo valor, não importando se é proveniente de um episódio de forte ou fraco impacto emocional, atribuindo assim, a mesma relevância para qualquer episódio conservado na memória do sistema. Destaca-se negativamente também o fato de todos os eventos terem uma curva de esquecimento idêntica, exceto pelos eventuais picos provocados por recordações dos episódios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEUTSCH, T.; GRUBER, A.; LANG, R.; VELIK, R. Episodic Memory for Autonomous Agents. IEEE, p. 1 - 6, 2008.
- DODD, Will; GUTIERREZ, Ridelto. The Role of Episodic Memory and Emotion in a Cognitive Robot. IEEE International Workshop on Robots and Human Interactive Communication, p. 692 - 697, 2005.
- IZQUIERDO, Ivan. Memória. Artmed, 2002.
- MAPA, Suelen, Modelagem de Organismos Artificiais Cognitivo-Emocionais Dotados de Memória Experiencial de Longo Prazo, 2009.
- NUXOLL, Andrew M.; LAIRD, Jhon E. A Cognitive of Episodic Memory Integrated with General Cognitive Architecture, 2004.
- NUXOLL, Andrew M.; LAIRD, Jhon E. Extending Cognitive Architecture with Episodic Memory. 2007.
- PRATL, G.; PALENSKY, P. Project ARS - The Next Step Towards an Intelligent Environment, Proceedings of the IEEE International Workshop on Intelligent Environments, p. 55 - 62, 2005.
- TULVING, Endel (1983). Elements of Episodic Memory. New York: Oxford University Press.
- TULVING, Endel. (2002). Episodic memory: From mind to brain. Annual Review of Psychology, p. 1 - 25.
- WHEELER, M. A. (2000). The Oxford handbook of Memory. In: TULVING, E., CRAIK, F. M. I. (Org). Episodic Memory and Autonoetic Awareness. New York: Oxford University Press. p. 597 - 608.