

Mecanismo de seleção de ação baseado na competição entre *affordances*

Ricardo Gélío Polizeli, Ricardo Ribeiro Gudwin (Orientador)

Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial (DCA)
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC)
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)
Caixa Postal 6101, 13083-970 – Campinas, SP, Brasil

{rgp93, gudwin}@dca.fee.unicamp.br

Abstract – In a dynamic environment, an autonomous agent must continually answer two questions: “what I do next?” and “how I do it?”. This is the problem called Action Selection for which various mechanisms were created using three different approaches: deliberative, reactive and hybrid. Despite the great importance of the concept of affordances, the possible actions afforded by environment to an agent, in areas such as Evolutionary Psychology and Neuroscience in the action selection process by living beings, little importance was given to this concept in the areas of autonomous agents and cognitive architectures. Taking this into account, this work aims to propose an action selection mechanism based on competition between affordances for cognitive architecture CST (Cognitive Systems Toolkit).

Keywords – action selection mechanism; affordances

1. Introdução

O problema de seleção de ação envolve o processo de escolher uma ação a ser realizada, considerando os estímulos presentes no ambiente externo e as variáveis internas do agente, como: instintos, necessidades, expectativas, emoções e objetivos; e a definição dos parâmetros da ação. Na área de agentes autônomos, diversos mecanismos foram propostos para a solução deste problema, dividindo-se, basicamente, em três abordagens distintas: deliberativos, reativos e híbridos.

Na visão cognitivista clássica, dominante nos mecanismos de seleção de ação da área de Inteligência Artificial denominados deliberativos, este processo ocorre na seguinte ordem: inicialmente, os dados do ambiente são captados (percepção) e utilizados para a construção de representações internas, que, em seguida, servem como base para a escolha da ação apropriada ao momento, considerando-se os estímulos do ambiente e as variáveis internas do agente, logo após, defini-se os parâmetros da ação escolhida para, enfim, executar-se a ação.

Entretanto, críticas de diferentes áreas foram feitas a esta visão clássica. Uma delas, defendida por J.J. Gibson, é a ideia de que a percepção capta tanto características físicas dos objetos do ambiente, como as possíveis ações, denominadas *affordances* por Gibson, do agente que estes objetos possibilitam. Desta forma, o agente não precisaria construir representações mentais destes objetos para definir as ações apropriadas ao atual contexto, o próprio ambiente lhe indicaria quais são. Outra

crítica mais recente provém de pesquisas neurológicas cujos resultados mostram a ocorrência simultânea do processo de escolha de uma ação e da definição dos parâmetros básicos da ação escolhida, processos ditos separados e independentes pela teoria cognitivista. Em [6], sugere-se o paradigma teórico da competição entre *affordances* para melhor atender os dados obtidos nestas pesquisas.

Na hipótese de competição entre affordances, os objetos não possuem apenas características físicas, mas também, propriedades motoras, associadas a possíveis ações do agente. Por exemplo, na pesquisa de [7], observou-se que a atividade neural de macacos escolhendo alvos de diferentes cores num monitor era moldada pela cor do alvo (característica física) associada a direção deste (característica motora), isto é, a posição que o alvo ocupava na tela em relação a um centro, representando as possíveis ações que o macaco poderia executar. Somente a cor não era capaz de disparar atividade neural. Portanto, os objetos captados pela percepção são um conjunto de características físicas e motoras, sendo, estas últimas, associadas a possíveis ações do agente, consideradas no processo de seleção de ação. Em meio a diversas ações sugeridas, uma competição entre elas inicia-se, a qual selecionará o comportamento a ser executado através da influência de variáveis internas do agente.

A despeito da crescente importância do conceito de *affordances*, as arquiteturas cognitivas não o consideraram em seus mecanismos de seleção de ação. Apenas mecanismos isolados de seleção

de ação com alguma influência de *affordances* foram propostos na literatura, por exemplo [9], bem como, modelos tentando simular o processo natural de escolha dos comportamentos, vide [10], [8] e [4]. Porém, os mecanismos de seleção de ação propostos sob a abordagem reativa possuem semelhança com a ideia de *affordances*, apesar de não mencioná-los.

Desenvolvidos a partir de trabalhos como: [2], [3], [12], [1], etc; os mecanismos denominados reativos implementam uma competição entre um conjunto de ações definidas a priori pelo projetista, exceto no caso de [1], onde ações orientadas a objetivos são aprendidas. Tais ações recebem informações dos sensores e calculam seu grau de ativação, de forma distribuída, mapeando diretamente a percepção em ação, não se perdendo na criação e manutenção de representações do mundo nem em longas cadeias de inferências, características próprias dos sistemas deliberativos. Críticas a abordagem reativa, como as presentes em [11], foram desenvolvidas por eles possibilitarem apenas ações simples, condenadas ao presente, sem levar em consideração previsões sobre o futuro e experiências do passado. Por isso, os sistemas híbridos foram propostos, combinando as vantagens de cada abordagem. Outra crítica que poderia ser feita aos mecanismos reativos é que todas as ações do agente estão sempre ativas, isto é, sempre testando os dados recebidos de seus sensores, mesmo que nada no ambiente sugerisse tal ação.

2. Proposta

A proposta deste trabalho é desenvolver um mecanismo de seleção de ação baseado na competição entre *affordances* para a arquitetura cognitiva CST (*Cognitive Systems Toolkit*), seguindo a filosofia da arquitetura, os princípios estipulados em [14] para o desenvolvimento de mecanismos de seleção de ação, bem como, a ideia de que o processo de escolha da ação ocorre simultaneamente ao processo de especificação dos parâmetros básicos da ação, exposta em [6].

A Figura 1 ilustra o mecanismo proposto. Sua composição segue a filosofia da arquitetura CST, composta, basicamente, por dois elementos: os codelets, representados por retângulos arredondados e os objetos de memória, representados por formas circulares. Como consta em [13], os primeiros são módulos especializados na execução de tarefas simples e os segundos são unidades respon-

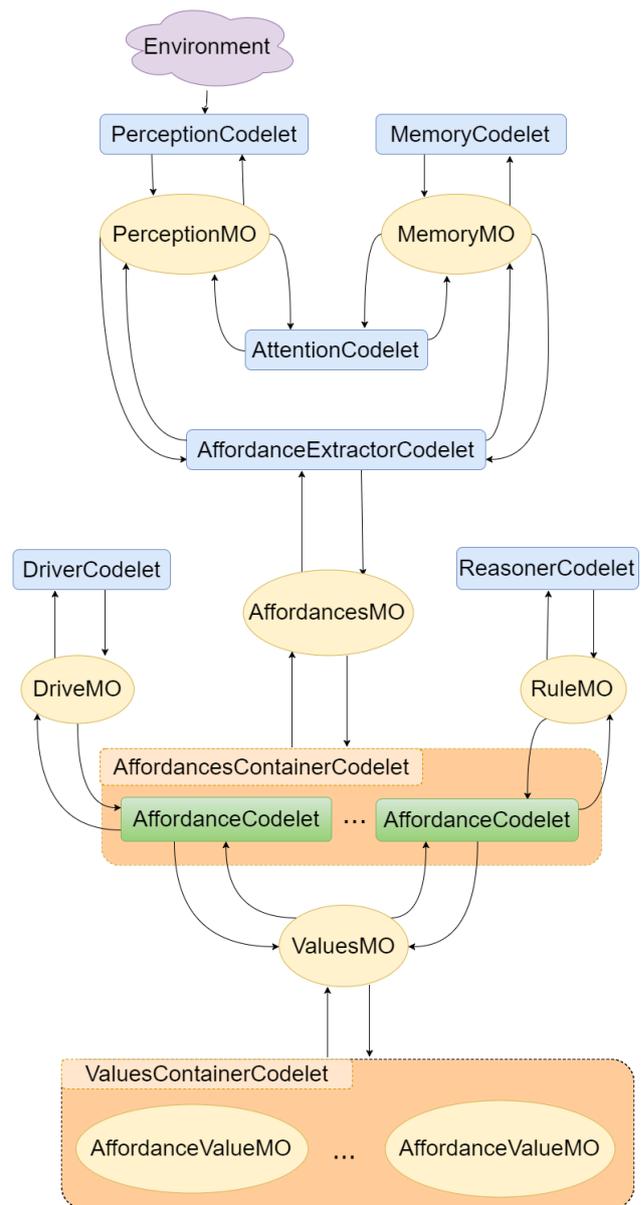


Figura 1. Mecanismo de seleção de ação proposto

sáveis por empacotar e armanear dados na memória do agente. Uma nova estrutura está sendo proposta, os **ContainerCodelets**, representados por retângulos arredondados contendo outros retângulos ou formas circulares, responsáveis por instanciar dinamicamente, agrupar e armazenar codelets ou objetos de memória de mesma funcionalidade.

O mecanismo funciona da seguinte maneira: os dados captados do ambiente são manipulados e armazenados pelo **PerceptionCodelet**. Com base em propriedades salientes e nos objetivos atuais do indivíduo, o **AttentionCodelet** filtra os objetos captados mais pertinentes, limitando a quantidade

de *affordances* a serem extraídos. Com o número de objetos já reduzido, o `AffordanceExtractorCodelet` pode, então, extrair e armazenar os *affordances* do contexto atual. Para cada um dos *affordances* extraídos, o `AffordancesContainerCodelet` instancia codelets do tipo `AffordanceCodelet`, responsáveis por angariar incrementos, provindos de drives ou de regras, para o valor de ativação de seu respectivo *affordance*; além de criar e atualizar uma variável para armazenar os incrementos angariados. Visualizando novos *affordances* a serem incrementados, o `ValuesContainerCodelet` cria ou atualiza variáveis para armazenar o valor de ativação atual de cada *affordance* e fica responsável pela implementação da competição entre eles, na qual, a quantidade total de valor de ativação disponível no sistema é disputada entre os *affordances* já extraídos. Quando o valor de ativação de um *affordance* atingi determinado limiar, seu `AffordanceCodelet` começa a executar uma sequência de ações necessárias para sua realização. Mesmo assim, a fim de aproveitar oportunidades que surjam no ambiente, este *affordance* ganhador continua na competição e, caso outro *affordance* venha a ganhar, o primeiro é abandonado.

2.1. PerceptionCodelet e MemoryCodelet

O codelet responsável por tratar os dados vindos do ambiente é o `PerceptionCodelet`, que, após categorizá-los, armazena-os no objeto de memória `PerceptionMO`.

Já o `MemoryCodelet` resgata da memória do agente objetos relevantes ao contexto atual, seja por propriedades salientes ou devido aos objetivos atuais da criatura, armazenando-os no objeto de memória `MemoryMO`. Desta forma, este codelet possibilita que objetos excluídos da percepção pelo mecanismo de atenção tenham seus *affordances* extraídos e aproveitados pelo agente.

2.2. AttentionCodelet e AffordanceExtractorCodelet

O mecanismo de atenção utilizado neste trabalho implementa a atenção como um filtro que elimina objetos irrelevantes com base em propriedades salientes e importantes ao objetivo atual da criatura. O codelet `AttentionCodelet` é responsável por implementar este mecanismo, acessando e modificando o objeto de memória `PerceptionMO`, que contém os objetos externos captados pela percepção.

Com um número limitado de objetos presentes no `PerceptionMO`, o codelet `AffordanceExtractorCodelet` pode extrair os *affordances* dos objetos restantes, armazenando-os no objeto de memória `AffordancesMO`.

2.3. DriverCodelet e ReasonerCodelet

De acordo com [6], variáveis de decisão interferem na competição entre *affordances*, potencializando as atividades neurais referentes aos seus *affordances* preferidos. Dentre estas variáveis de decisão, escolheu-se implementar neste trabalho os drives e as regras. Segundo [5], drives são tensões psicológicas que originam sintomas físicos desagradáveis, motivando seu portador a satisfazer a necessidade física ou psicológica que o gerou. Já as regras, condicionais, seriam as crenças de um indivíduo, o que ele espera que acontecerá no futuro ou conhecimentos diversos.

Neste trabalho, o codelet `DriverCodelet` é responsável por gerenciar o nível de determinado drive, armazenado em seu respectivo objeto de memória, e o codelet `ReasonerCodelet` é o encarregado da implementação das regras, também armazenadas em seus respectivos objetos de memória.

2.4. AffordancesContainerCodelet e AffordanceCodelet

Quando há *affordances* no objeto de memória `AffordancesMO`, o codelet `AffordancesContainerCodelet` instancia e armazena um codelet do tipo `AffordanceCodelet` para cada *affordance*.

O codelet `AffordanceCodelet` buscará coletar incrementos para a ativação de seu *affordance*, consultando, para isto, os drives e regras associadas a seu *affordance*. Com base no nível dos drives, na medida em que as condições das regras foram atendidas e numa estimativa do custo das ações para a realização do *affordance*, um incremento no valor de ativação do *affordance* é computado e armazenado no objeto de memória `ValuesMO`. Este codelet também é responsável por coordenar a execução de ações que levarão a realização de seu *affordance*, quando este atinge seu limiar de ativação.

2.5. ValuesContainerCodelet

De posse dos incrementos nos valores de ativação dos *affordances*, o codelet `ValuesContainerCodelet`

fica responsável por incrementar e armazenar os atuais valores de ativação de cada um dos *affordances* presentes na disputa em seus respectivos objetos de memória de tipo AffordanceValueMO. Como a quantidade total de valor de ativação é limitada, o codelet precisa, para incrementar o valor de um *affordance*, roubar uma parcela do valor dos outros *affordances* competidores. O limiar de ativação de cada *affordance* e a quantidade total de valor de ativação do sistema devem ser calibrados de forma a restringir, à quantidade de apenas um, o número de *affordances* ativos em dado momento.

3. Resultados

Espera-se um mecanismo funcional, que combine as vantagens de mecanismos reativos, como melhores respostas a ambientes dinâmicos, com as vantagens de mecanismos deliberativos, como respostas adequadas a situações que demandem memória e previsão do futuro.

4. Conclusões

Neste trabalho apresentou-se a proposição de um mecanismo híbrido de seleção de ação baseado na competição entre *affordances* para a arquitetura cognitiva CST, trazendo este importante conceito à área de arquiteturas cognitivas.

Tal mecanismo tenta respeitar a filosofia de sua arquitetura base, composta por codelets e objetos de memória, bem como, a ideia exposta em [6] de que o processo de seleção de ação ocorre simultaneamente ao processo de definição dos parâmetros iniciais da ação.

Referências

- [1] Bruce M Blumberg, Peter M Todd, and Pattie Maes. No bad dogs: Ethological lessons for learning in hamsterdam. In *From Animals to Animats, Proceedings of the Fourth International Conference on the Simulation of Adaptive Behavior, MIT Press/Bradford Books, Cambridge, MA*, pages 295–304, 1996.
- [2] Valentino Braitenberg. *Vehicles: Experiments in synthetic psychology*. MIT press, 1986.
- [3] R Brooks. 4. a layered intelligent control system for a mobile robot. *IEEE J. of Robotics and Automation, RA*, 2, 1986.
- [4] Vassilios Christopoulos, James Bonaiuto, and Richard A Andersen. A biologically plausible computational theory for value integration and action selection in decisions with competing alternatives. *PLoS Comput Biol*, 11(3):e1004104, 2015.
- [5] Sandra K Ciccarelli and J Noland White. *Psychology: an exploration*. Pearson Prentice Hall, 2010.
- [6] Paul Cisek. Cortical mechanisms of action selection: the affordance competition hypothesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1485):1585–1599, 2007.
- [7] Paul Cisek and John F Kalaska. Neural correlates of reaching decisions in dorsal premotor cortex: specification of multiple direction choices and final selection of action. *Neuron*, 45(5):801–814, 2005.
- [8] Richard Cooper and Tim Shallice. Contention scheduling and the control of routine activities. *Cognitive neuropsychology*, 17(4):297–338, 2000.
- [9] Ignasi Cos-Aguilera, Lola Canamero, and G Hayes. Motivation driven learning of action affordances. In *Procs of Symposium on Agents that Want and Like-Motivational and Emotional Roots of Cognition and Action*. SSAISB, 2005.
- [10] Alex Guazzelli, Mihail Bota, Fernando J Corbacho, and Michael A Arbib. Affordances, motivations, and the world graph theory. *Adaptive Behavior*, 6(3-4):435–471, 1998.
- [11] David Kirsh. Today the earwig, tomorrow man? *Artificial intelligence*, 47(1-3):161–184, 1991.
- [12] Pattie Maes. How to do the right thing. *Connection Science*, 1(3):291–323, 1989.
- [13] Klaus Raizer, Andre LO Paraense, and Ricardo R Gudwin. A cognitive neuroscience-inspired codelet-based cognitive architecture for the control of artificial creatures with incremental levels of machine consciousness. In *Machine Consciousness 2011: Self, Integration and Explanation (Proceedings of a Symposium at the AISB'11 Convention 4-7 April 2011, York, United Kingdom)*, pages 43–50, 2011.
- [14] Toby Tyrrell. *Computational mechanisms for action selection*. PhD thesis, University of Edinburgh Edinburgh, Scotland, 1993.