

Um framework de simulação mental para emergência de sentenças gramaticais em criaturas artificiais

Suelen Mapa de Paula , 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

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

Abstract – Several works in the literature use computational applications to synthetically reproduce the evolution of natural language communication among artificial creatures. However, those involved on the grammatical aspects of the language show just quite unsatisfactory results. This work proposes a possible solution for this problem by presenting a framework to evolve grammar sentences, inspired on the theory of perceptual symbol system [3]. We developed an intermediary step in the construction of meaning to sentences, using a formal modeling of environment which we will be calling here an object process. By using object processes, we might be able to investigate the semantic and syntax aspects of grammatical language. Thus, we expect that by using this framework, a community of creatures might be able to evolve sentences equivalent to those employed by human beings while learning to talk establishing a communication channel among them.

Keywords – evolution of natural language, grammatical artificial language, mental simulation, process of objects.

1. Introdução

Desde que a linguagem humana passou a ser vista como o sistema de comunicação mais evoluído entre todos os seres vivos, diversas teorias foram propostas com o objetivo de explicar como ela se desenvolveu [1]. Neste contexto, experimentos computacionais e aplicações robóticas ganham papel de destaque por simular essas teorias, alcançando resultados de pesquisa mais conclusivos. Essa tendência ficou conhecida na inteligência artificial como simulação da evolução da linguagem.

Analisando alguns trabalhos desta tendência, percebemos que aqueles que focam no aspecto léxico-semântico da linguagem (o uso de palavras isoladas e o seu significado) têm obtido relativo sucesso, desenvolvendo aplicações que atuam de forma equivalente aos seres vivos quando fazem uso da linguagem (ver [12],[11], [13], [9]). Entretanto, o mesmo sucesso não é observado nos trabalhos que tentam abordar os aspectos gramaticais da linguagem (uso de sentenças constituídas por palavras de diferentes classes gramaticais, tal como substantivos, verbos, adjetivos, etc.). No nosso entendimento, isso ocorre devido a falta de modelos capazes de sintetizar adequadamente a evolução da linguagem gramatical (veja em [4], [5], [8], [6],).

Por exemplo, [8] demonstra que uma população de criaturas artificiais¹, dotada de um vocabulário composto de palavras isoladas, consegue

evolui-lo, formando sentenças com alta composicionalidade sintática (ou seja, sentenças cujo significado depende da função das palavras que a compõem e da maneira como elas são colocadas juntas). Entretanto, para conseguir esse resultado, as criaturas são configuradas com um conjunto de palavras, cuja função gramatical e significado são previamente estabelecidos. Apesar do experimento demonstrar o surgimento de uma composicionalidade sintática, ele está longe de representar a maneira como os humanos fazem isso.

Diante deste contexto, o nosso objetivo é propor uma aplicação computacional de emergência de linguagem gramatical que leve em consideração seus aspectos semânticos e sintáticos, sem definir a priori a função gramatical que as palavras que formarão a sentença devem assumir.

Esse artigo segue a seguinte organização: na seção 2. iremos apresentar nossa hipótese de como resolver o problema de pesquisa. Na seção 3. apresentaremos o trabalho que serviu de fundamentação teórica para nossa hipótese. Na seção 4. iremos descrever nossa proposta de aplicação computacional para emergência de linguagem gramatical entre criaturas artificiais. Por fim, na seção 5., descreveremos os resultados que pretendemos alcançar com essa proposta de pesquisa.

agente, onde este agente possui um corpo. Este corpo pode ser real, como no caso de um robô, ou virtual, como no caso de um jogo de computador.

¹Podemos entender uma criatura artificial como um tipo de

2. Hipótese de Pesquisa

Para contribuir com o desenvolvimento da área de linguagem gramatical artificial, mantendo sua plausibilidade biológica, fomos em busca de referências nas ciências cognitivas que nos permitissem compreender o que é fundamental para o surgimento deste tipo de linguagem.

Segundo [2], para que a linguagem gramatical ocorra são necessárias duas condições:

1. Criar sentenças contendo no mínimo duas palavras;
2. E correlacioná-las através de um verbo, mesmo que de forma implícita.

Assim, ele conclui que o ponto fundamental para emergência de linguagem gramatical é a existência de palavras correspondendo (no mínimo) a duas classes gramaticais distintas: um substantivo e um verbo. Portanto, o desafio é descobrir como essas classes de palavras podem surgir, pois a partir delas poderemos criar sentenças simples, como aquelas utilizadas pelos humanos quando estão aprendendo a falar.

Levando em consideração o que foi colocado por [2], a pergunta que queremos responder é como desenvolver uma aplicação computacional que consiga criar sentenças gramaticais formadas por substantivos e verbos. Na nossa concepção, isso é possível através de um modelo de emergência de linguagem gramatical que considere a decomposição da realidade em um conjunto discreto de entidades padronizadas (objetos) interagindo entre si de forma a compor a tecitura da realidade que podemos descrever por meio da linguagem. Esses componentes da realidade são descobertos por meio da percepção, a partir de um processo padronizado de abstração, que redescreve o *manifold* sensorial e suas possíveis abstrações perceptuais em termos de objetos e interações entre objetos. Dessa forma essa realidade é segmentada em objetos e cenas que descrevem o curso dinâmico do espaço-tempo, com diferentes níveis de detalhes, dependendo da situação. Esses objetos podem ser objetos concretos que possam ser percebidos no ambiente, como também objetos conceituais ou abstratos que possam dar origem a substantivos em uma linguagem natural. Nossa proposta para modelar o ambiente desta maneira envolve um formalismo ao qual damos o nome de **Processos de Objetos**.

Um processo de objetos é um mecanismo que segmenta o ambiente/realidade como uma coleção de objetos, que podem ter seus atributos modificados e suas ações executadas durante o transcorrer do tempo. Supomos que através dele seja possível abstrair diferentes classes de palavras. Por exemplo, o nome dos objetos podem ser abstraídos em substantivos, seus atributos em adjetivos, e a transformação temporal de seus atributos em verbos.

Portanto, a hipótese de pesquisa que queremos validar neste trabalho é a seguinte: se criarmos uma aplicação computacional que seja capaz de segmentar o ambiente/realidade em termos do que chamamos de processo de objetos, será possível criar sentenças gramaticais formadas por substantivos e verbos.

3. Contextualização da hipótese de pesquisa

Quando falamos em representar a realidade, um processo cognitivo que se destaca é o da percepção. É a partir das informações sensoriais capturadas pela percepção que criamos os processos de objetos, e estes, por sua vez, podem ser empregados para abstrair sentenças gramaticais. Mas, de acordo com [10], tanto os processos de objetos, quanto as sentenças gramaticais, podem ser utilizados para representar a realidade, porém em níveis de abstrações distintos². Diante dessa contextualização, a pergunta que surge é a seguinte: como podemos criar representações, sejam elas processos de objetos ou sentenças gramaticais, que expressem algum significado? Essa questão diz respeito ao problema da fundamentação do símbolo proposto por [7], e é tratado pela teoria do sistema perceptual simbólico de [3].

Um sistema perceptual simbólico é aquele capaz de integrar diferentes informações sensoriais sobre a realidade em uma estrutura denominada **simulador** para criar categorias. O significado de uma categoria ocorre durante a recordação mental

²Os processos de objetos podem representar a realidade porque seriam um ícone, já as sentenças gramaticais podem representá-la porque seriam um símbolo. Para [10] um ícone é um tipo de signo que representa seu objeto porque compartilha com ele qualidades semelhantes, assim como em uma foto, que possui em si própria, diversas qualidades do objeto original sendo representado. Já o símbolo é um tipo de signo que representa seu objeto por meio de uma lei, regra ou hábito, que realiza a ligação entre o símbolo e seu objetos.

(uma espécie de imaginação) das experiências sensoriais que compõem seu simulador, um fenômeno que [3] denominou de **simulação mental**. Assim, ao simular mentalmente uma categoria, um indivíduo é capaz de fazer inferências sobre ela, permitindo que ele se recorde não apenas do fato em si, mas também das sensações que são subjacentes à experiência.

Fazendo uma analogia entre nossa hipótese e a teoria do sistema perceptual simbólico, o processo de objetos pode ser visto como um simulador e a sentença gramatical como uma categoria. Dessa forma, o significado da sentença ocorre por meio da simulação mental de seu processo de objetos, que será traduzido no conjunto de sensações similares àquelas que deram origem a sua representação. Essa analogia é sustentada pelo próprio [3] que acredita que a simulação mental é o mecanismo através do qual os humanos interpretam linguagem.

4. Nossa Proposta de Pesquisa

Ao propor os processos de objetos, tomando como base a teoria do sistema perceptual simbólico, nosso objetivo é modelar e implementar um framework conceitual de simulação mental que irá favorecer a formação e interpretação de sentenças gramaticais compostas por substantivos e verbos.

O framework de simulação mental será integrado a uma arquitetura cognitiva que servirá de dispositivo de controle para criaturas artificiais situadas em um ambiente virtual. O ambiente servirá de cenário para testarmos e visualizarmos o comportamento das criaturas sob influência do framework.

4.1. Modelagem do framework de simulação mental

O modelo do framework de simulação mental foi dividido nas seguintes fase:

- **Fase 1:** diz respeito ao processo perceptual, que será responsável por capturar as informações sensoriais para criar os processos de objetos. Nesta fase, os processos de objetos serão representações estáticas de cenas da realidade.
- **Fase 2:** diz respeito à formação das sentenças gramaticais. Nesta fase, os processos de objetos serão empregados para realizar as abstrações necessárias para criar as sentenças gramaticais.

- **Fase 3:** diz respeito à interpretação das sentenças gramaticais. Nesta fase, os processos de objetos serão representações dinâmicas da realidade, que permitirão reviver mentalmente as cenas abstraídas por meio das sentenças.

Um modelo esquemático de como essas fases se correlacionam pode ser visualizado na Figura 1.

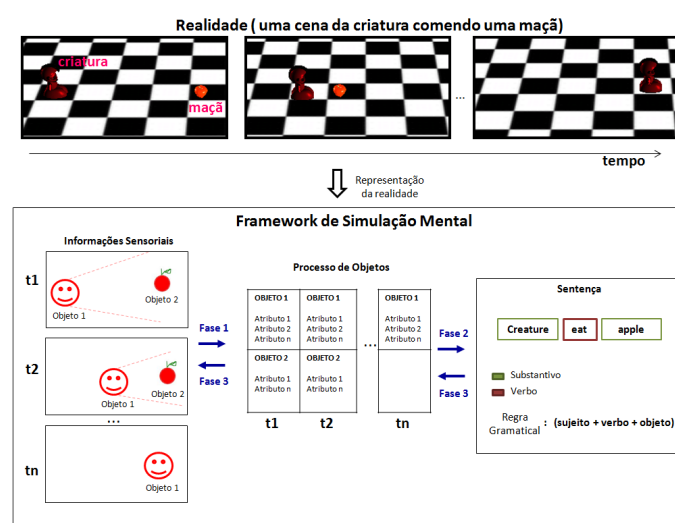


Figura 1. Modelo conceitual do framework de simulação mental proposto

A Figura 1 apresenta uma cena da criatura artificial comendo uma maçã no ambiente virtual. No início da cena, a criatura está sensoriando o ambiente, quando visualiza uma maçã. Essa informação sensorial é representada em sua mente, correspondendo àquilo que ela percebeu no instante de tempo t_1 . Ela irá compor a primeira ocorrência do processo de objetos (primeira coluna da tabela), que também representa o mesmo fragmento da cena, porém de maneira diferente. Neste caso, seus objetos e a configuração de seus atributos são identificados no instante de tempo t_1 . Esse processo se repete sucessivas vezes, capturando-se e representando-se outras informações da cena em diferentes instantes de tempo (de t_2 a t_n). A criação da representação estática do processo de objetos é finalizada quando a criatura estabelece uma relação de contato com a maçã. Isso demarca o fim da fase 1, que diz respeito ao processo perceptual.

Uma vez que o processo de objetos tenha sido determinado, as informações sensoriais que ele representa são abstraídas em diferentes classes de

palavras (neste caso, dois substantivos: “**creature**” e “**apple**” e um verbo: “**eat**”) e uma regra gramatical (**sujeito + ação + objeto**). Essas entidades são empregadas para dar origem à sentença gramatical “**Creature eat apple**”. Esse mecanismo descreve a fase 2 do framework e diz respeito à abstração da sentença.

Por fim, o significado da sentença ocorre quando a criatura a traduz em seu correspondente processo de objetos. O processo de objetos, por sua vez, será traduzido em um conjunto de informações sensoriais. Essas informações são utilizados para criar uma simulação dinâmica da cena representada pela sentença. Assim, toda vez que a criatura se depara com aquela sentença, ela criará essa imagem mental, que descreve o contexto sobre o qual a sentença se formou. Esse mecanismo descreve a fase 3 do framework e diz respeito a interpretação da sentença.

5. Resultados Previstos

Uma vez que o framework de simulação mental for implementado computacionalmente, os processos de objetos funcionarão como um mecanismo de fundamentação das sentenças gramaticais. Como consequência, as criaturas poderão utilizá-lo para criar e interpretar sentenças, estabelecendo um canal de comunicação entre si.

Para que isso aconteça, os processos de objetos deverão ser abstraídos em substantivos e verbos, que deverão ser aprendidos pelas criaturas e compartilhados entre si.

Além do mais, ao executar os experimentos computacionais, esperamos que o framework favoreça a adaptabilidade das criaturas a algum contexto abordado, demonstrando, assim, nossa contribuição para a área de emergência de linguagem gramatical artificial.

Referências

- [1] Alfredo Ardila. There are two different language systems in the brain. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 1(2):23–36, 2011.
- [2] Alfredo Ardila. Interaction between lexical and grammatical language systems in the brain. *Physics of life reviews*, 9(2):198–214, 2012.

- [3] Lawrence W Barsalou. Perceptual symbol systems. *Behavioral and brain sciences*, 22(04):577–660, 1999.
- [4] John Batali. Computational simulations of the emergence of grammar. *Approaches to the evolution of language: Social and cognitive bases*, 405:426, 1998.
- [5] EJ Briscoe. The acquisition of grammar in an evolving population of language agents. *Electron. Trans. Artif. Intell.*, 3(B):47–77, 1999.
- [6] Nancy Chih-Lin Chang. *Constructing grammar: A computational model of the emergence of early constructions*. ProQuest, 2008.
- [7] Stevan Harnad. The symbol grounding problem. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 42(1):335–346, 1990.
- [8] Simon Kirby. Syntax without natural selection: How compositionality emerges from vocabulary in a population of learners. *The evolutionary emergence of language: Social function and the origins of linguistic form*, 302:323, 2000.
- [9] Angelo Loula. Comunicação simbólica entre criaturas artificiais: um experimento em vida artificial. Master’s thesis, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- [10] C.S. Peirce. In P. Hartshorne, C. e Weiss, editor, *Collected Papers of Charles Sanders Peirce: Edited by Charles Hartshorne and Paul Weiss: Volumes I–VI*. Harvard University Press, 1958.
- [11] Deb K Roy. Learning visually grounded words and syntax for a scene description task. *Computer Speech & Language*, 16(3):353–385, 2002.
- [12] Luc Steels. The talking heads experiment. volume 1. words and meanings. *Special pre-print for the LABORATORIUM Antwerpen*, 1999.
- [13] Paul Vogt and Hans Coumans. Exploring the impact of contextual input on the evolution of word-meaning. In *From Animals to Animals 7: Proceedings of the Seventh International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*, volume 7, page 405. MIT Press, 2002.