

Um estudo sobre os algoritmos culturais como mecanismos de metacognição em Sistemas de Cognição Artificial

Luisa Helena Junqueira Parreira

Resumo: Este trabalho apresenta um estudo sobre o uso dos algoritmos culturais como mecanismos de metacognição em sistemas de cognição artificial. Analisa, inicialmente, o paradigma cultural como uma abordagem possível em sistemas inteligentes e apresenta uma descrição dos principais conceitos relacionados à metacognição. Em seguida, apresenta um breve estudo sobre os algoritmos culturais. Na última parte, demonstra uma aplicação de um algoritmo cultural como mecanismo de metacognição.

Palavras-chave: paradigma cultural, algoritmos culturais, metacognição.

Introdução

Os algoritmos culturais são algoritmos evolutivos que utilizam como referência a metáfora cultural, ou seja, a cultura como uma forma de evolução e adaptação. Evolução no sentido de possibilitar que, através da interação entre os diferentes indivíduos da comunidade de agentes, as crenças (conhecimento) sejam geradas e alteradas. Adaptação na medida em que estabelece um modelo de resolução de problemas baseado nas experiências coletivas, gerando um gabarito comportamental ou “senso comum”, que orientará os comportamentos e as ações dos agentes.

Baseado nestes conceitos, objetivo deste artigo é fazer um estudo sobre os algoritmos culturais e suas possibilidades como processos metacognitivos, considerando que abrangem as duas dimensões do conceito de metacognição: o conhecimento e a regulação.

Metáfora Cultural

Ao considerarmos o paradigma cultural como uma abordagem em sistemas de cognição artificial, estamos considerando a cultura como uma rede de relacionamentos entre agentes criando um domínio de conhecimento comum. Assim, a cultura irá orientar e pré-selecionar as categorias que irão organizar o mundo e criar

um modelo de inferências sobre os objetos e situações.

Neste sentido, a cultura pode ser entendida como um mecanismo capaz de limitar o comportamento e as ações dos agentes inteligentes considerando certos padrões empregados pelos sistemas culturais. Considerando este aspecto, a cultura torna-se um sistema auto-regulador, auxiliando a estruturação cognitiva do mundo.

Nas palavras de Franklin(2001), “entender e modelar a tecnologia cultural é considerar o domínio a ser investigado, antes de tudo, como uma construção cognitiva coletiva e não uma realidade absoluta externa aos agentes, ou mesmo passível de compreensão sem a utilização de consensos (...)”.

Assim, podemos dizer que a cultura contextualiza e organiza um modelo de mundo, criando o que Franklin(2001) chama de “gabaritos comportamentais”, que definem ações e comportamentos viáveis em situações específicas.

Metacognição

Em sistemas de cognição artificial, a finalidade básica da metacognição é contribuir para que as tarefas cognitivas sejam realizadas de maneira mais efetiva e eficiente. Em outras palavras, os mecanismos metacognitivos foram surgindo para auxiliar o processo cognitivo.

Há, basicamente, duas formas de entendimento do conceito de metacognição. Uma delas considera a metacognição como o conhecimento sobre o conhecimento ou a cognição sobre a cognição. Essa habilidade de monitoração do conhecimento possibilita ao indivíduo distinguir o que ele sabe do que ele não sabe. A outra definição, entende a metacognição como controle ou auto-regulação, ou seja, controle dos processos que avaliam e orientam as operações cognitivas.

De acordo com a definição de Hudlicka(2006): “Metacognitive Knowledge is then defined as knowledge individuals have about their own cognitions, as well as about the factors that influence their cognitions.”

Para os objetivos deste artigo, estaremos considerando as duas dimensões da metacognição: o conhecimento e a regulação.

Segundo Ron Sun(2006), os processos metacognitivos podem ser explícitos ou implícitos.

Os processos metacognitivos explícitos são executados por módulos específicos, na arquitetura cognitiva, responsáveis pela metacognição. Nos processos metacognitivos implícitos, não há módulos independentes executando a função de metacognição, ou seja, a metacognição será efetuada pelos processos cognitivos regulares na arquitetura cognitiva.

O Algoritmo cultural, da forma como é tratado neste artigo, pode ser considerado como um processo metacognitivo implícito, na medida em que é responsável pela evolução da base de conhecimento e, ao mesmo tempo, age sobre os parâmetros internos do sistema influenciando as ações e os comportamentos dos agentes. Em outras palavras, utiliza regras que estarão atuando sobre a base cognitiva, sobre o próprio conhecimento. Porém, ao “controlar” o conhecimento está, também, controlando as ações concretas que este conhecimento irá determinar no ambiente.

Algoritmos Culturais

Os Algoritmos culturais (AC) foram propostos por Robert Reynolds, em 1998, como um complemento à metáfora evolutiva utilizada na computação evolutiva. A metáfora evolutiva utiliza modelos e conceitos da biologia, como a herança genética e a teoria de seleção natural de Darwin. Os AC possuem como referência a metáfora cultural, que utiliza modelos e conceitos das ciências humanas. Assim, os AC adicionam um mecanismo de pressão cultural à computação evolutiva, ou seja, o uso do senso comum e a criação de categorias.

Portanto, considerando o paradigma cultural, o conhecimento e a aprendizagem tornam-se um processo coletivo e não individual, onde a rede de relacionamento entre os agentes cria um domínio de conhecimento comum (“senso comum”). Neste sentido, o conhecimento é caracterizado por comportamentos e ações adaptativas.

Assim, segundo Robert Reynolds, quando falamos em modelos de processos de evolução cultural, podemos considerar uma perspectiva micro evolucionária, em termos de transmissão de comportamento e características entre indivíduos de uma mesma população, e uma perspectiva macro evolucionária, em termos de

formação de crenças generalizadas fundadas em experiências individuais.

Um AC é composto por três partes distintas (figura 1):

1. espaço populacional: população a ser evoluída, ou seja, as características e comportamentos dos indivíduos dessa população.

2. espaço de crenças (beliefspace): armazena o conhecimento adquirido pelo espaço populacional ao logo do processo evolutivo. A informação contida no espaço de crenças deve ser acessível a todos os agentes, podendo, assim, ser utilizada para modificar seu comportamento.

3. protocolos de comunicação: determinam as regras para a interação entre a população e o espaço de crenças. O protocolo de comunicação irá selecionar os indivíduos que irão influenciar o espaço de crença e determinar como o espaço de crenças irá influenciar os indivíduos da população. Em outras palavras, estabelece como o conhecimento armazenado no espaço de crenças vai interferir nos operadores do espaço populacional.

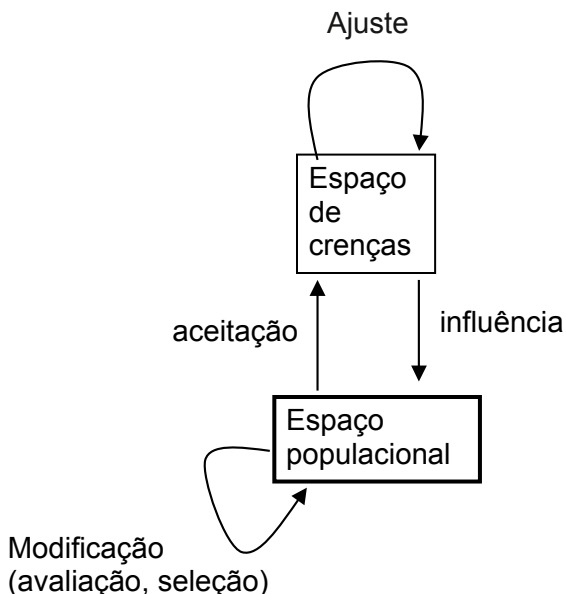


Figura 1: componentes de um Algoritmo cultural

Assim, segundo Neto(2005), “através da troca de experiências entre os vários elementos de uma população de agentes, são alteradas as crenças de toda uma população. Estas crenças são utilizadas para direcionar a evolução de toda a população e de sua ação no meio.”

Neste contexto, isso significa que os indivíduos de uma população estarão totalmente vinculados aos seus sistemas culturais, ou seja, irão encontrar modelos de inferência e valores para interpretar o seu ambiente através das representações coletivas do “mundo real”.

Dizer que um agente é socialmente vinculado é diferente de dizer que ele é socialmente situado. Socialmente vinculado (Social Embeddedness) significa que o estado interno do agente depende, totalmente, da sua interação com a coletividade.

A seguir, apresentamos um pseudo-código de um Algoritmo Cultural e uma breve explicação sobre as funções do algoritmo, conforme proposto por Reynolds et al.(1998):

```
begin  
t = 1;  
Initialize(Pop(t));  
Initialize(Beliefs(t));  
repeat  
  Evaluate(Pop(t));  
  Beliefs(t)' = Vote(Beliefs(t) , Accept(Pop(t)));  
  Beliefs(t+1) = Inherit(Beliefs(t)');  
  Pop(t)' = Promote(Beliefs(t+1), Pop(t));  
  Pop(t+1) = Reproduce(Pop(t)');  
  t = t + 1;  
until termination condition achieved;  
end
```

Evaluate(Pop(t): os indivíduos da população inicial são, primeiramente, avaliados através de uma função de avaliação ou performance.

Accept(Pop(t): a função de aceitação é usada para determinar quais indivíduos na população atual irão contribuir para a atualização do beliefspace (utiliza para isso as informações originadas da função Evaluate(Pop(t)).

Beliefs(t)'=Vote(Beliefs(t),accept(Pop(t))): na fase seguinte, a performance dos indivíduos selecionados pela função de aceitação é associada às crenças atuais. A performance dos conhecimentos associados é ajustada, gerando uma nova instância do beliefspace (Beliefs(t)').

Beliefs(t+1) = Inherit(Beliefs(t)'): a fase de herança implementa essas informações sobre as crenças (Beliefs(t)'), para modificar o conjunto de crenças atuais (Beliefs(t+1)).

Pop(t)' = Promote(Beliefs(t+1), Pop(t)): Nessa etapa, as crenças atualizadas são usadas para influenciar/promover a evolução dos indivíduos no espaço da população. Em outras palavras, utilizar o novo conjunto de crenças (Beliefs(t+1)) para modificar aspectos da população (Pop(t')).

Pop(t+1) = Reproduce(Pop(t)': na última etapa, os componentes da população (Pop(t')) são reproduzidos, gerando uma nova população (Pop(t+1)). Esta nova população será avaliada e o ciclo recomeçará.

Algoritmos Culturais como mecanismos de Metacognição

Conforme mostramos anteriormente, os algoritmos culturais podem ser considerados como processos metacognitivos implícitos, pois são responsáveis pela evolução da base de conhecimento, gerada a partir da experiência coletiva e, ao mesmo tempo, agem sobre os parâmetros internos do sistema, influenciando as ações e comportamento dos agentes. Sendo assim, podemos afirmar que o estado interno dos agentes será definido por sua relação cultural.

Estaremos, a seguir, aplicando os conceitos abordados até aqui através da definição de um AC específico e limitado aos objetivos deste artigo. O nosso objetivo é mostrar as potencialidades do AC como mecanismo de metacognição.

Vamos, inicialmente, definir o domínio do problema a ser tratado por uma cultura artificial de agentes:

Dado um conjunto de agentes, cada qual com características e comportamentos próprios, o objetivo do AC será, a partir das experiências da comunidade, identificar os comportamentos viáveis e aceitáveis em relação a um agente desconhecido dessa comunidade. Este agente poderia representar, por exemplo, um animal cujo grupo de agentes desconhece seu comportamento e os comportamentos viáveis em relação a ele.

Em nosso modelo, utilizaremos uma adaptação de alguns conceitos propostos por Franklin(2001),, que são:

Os agentes terão duas instâncias de percepção do mundo. A primeira, relacionada ao plano individual, ou seja, o que o agente conhece do mundo. Nessa instância situa-se a capacidade cognitiva do agente e sua memória individual (Paradigm). A segunda, relacionada ao plano cultural, ou seja, como o mundo está categorizado a partir das experiências da comunidade, onde os agentes encontrarão os gabaritos comportamentais (Beliefspace).

Utilizaremos, também, o conceito de “mundo realmente real” que simboliza a representação do domínio que é acessível apenas a um observador onisciente. O chamado

“mundo realmente real” não é acessível à comunidade de agentes, que terá acesso a ele apenas através da construção coletiva dessa realidade. Contém os “custos de experiência” aos quais os agentes serão submetidos ao realizarem suas ações. Em outras palavras, cada ação executada no “mundo realmente real” terá um valor associado (“avaliação” do comportamento) que pode ser 1 ou 2.

Os Custos de experiência de maior valor (no caso, valor igual a 2) representarão os comportamentos e ações mais adequados e viáveis e que, portanto, possibilitarão maior adaptação ao ambiente. Essas informações (comportamentos e custos de experiência relativos) serão armazenadas tanto no Paradigm quanto no beliefspace, durante a execução do algoritmo.

Para exemplificar a utilização do AC no domínio proposto, iremos considerar uma comunidade composta por apenas três agentes (A, B e C). Os agentes A e B irão interagir com o agente C, cujos comportamentos e características são desconhecidos pela comunidade.

O beliefspace para o domínio proposto está, inicialmente, vazio. Isso significa que ainda não há conhecimento armazenado no espaço de crenças da comunidade (“senso comum”).

O Paradigm de cada agente (Paradigm A e Paradigm B), inicialmente, armazena todos os comportamentos conhecidos do respectivo agente, com os custos de experiência relacionados a estes comportamentos contendo o valor padrão 2. Isso significa que, em princípio, até que a experiência coletiva vá definindo padrões de comportamento, todos os comportamentos são válidos.

Tanto o Paradigm quanto o beliefspace, terão seus conteúdos alterados na medida em que for ocorrendo a relação entre os agentes da comunidade e o ambiente (através da aplicação do AC) e ficam armazenados em uma memória de longo prazo.

Seguindo uma ordem aleatória, o AC será executado para cada agente da comunidade (no exemplo, agentes A e B), até que o Paradigm A, o Paradigm B e o beliefspace conttenham as mesmas informações.

Descreveremos, primeiramente, a situação inicial da comunidade de agentes, em relação aos comportamentos de cada membro da comunidade. Inicialmente, não há conteúdo no beliefspace. Na representação abaixo, as letras identificam os comportamentos e o número ao

lado o custo de experiência associado ao comportamento:

Paradigm A

X	2	Y	2	Z	2
---	---	---	---	---	---

Onde X,Y,Z são os comportamentos conhecidos do agente A.

Paradigm B

X	2	Y	2	W	2	K	2
---	---	---	---	---	---	---	---

Onde X,Y,W,K são os comportamentos conhecidos do agente B.

Paradigm C

Y	2	K	2	J	2
---	---	---	---	---	---

Onde Y,K,J são os comportamentos possíveis em relação ao agente C. Estes comportamentos fazem parte do que denominamos de “mundo realmente real”, ou, como explicamos anteriormente, a representação do domínio cujo acesso a comunidade de agentes terá apenas através da construção coletiva dessa realidade.

Explicaremos, a seguir, a aplicação do AC no domínio especificado. Estaremos considerando a execução do algoritmo para o agente A e o agente B, alternadamente. Essa escolha foi feita apenas para facilitar o entendimento do algoritmo, não influenciando o resultado final.

AGENTE A

Evaluate: seleciona os indivíduos da população atual (Paradigm A) cujo custo de experiência seja igual a 2 (inicialmente, todos).

Accept: a função de aceitação é usada para determinar quais indivíduos na população atual (Paradigm A) irão contribuir para a atualização do beliefspace (utiliza para isso as informações originadas da função Evaluate). Como há mais de um indivíduo selecionado (ou seja, há mais de um comportamento possível), a escolha de um indivíduo da população é feita aleatoriamente.

Indivíduo selecionado aleatoriamente:

X	2
---	---

O agente A, então, executará o comportamento X em relação ao agente C. Ao executar o comportamento X, o agente A irá obter o custo de experiência relacionado a essa ação. Neste caso, é igual a um, ou seja, o comportamento X não é viável em relação ao agente C (Ver Paradigm C). Por exemplo, se o agente C representasse um animal feroz, o comportamento X poderia ser aproximar-se dele.

Vote e Inherit: o indivíduo selecionado e o custo de experiência obtido pela função de aceitação é implementado para modificar o conjunto de crenças atuais. Beliefspace ficará com o seguinte conteúdo:

$$\text{Beliefspace} = \begin{array}{|c|c|} \hline X & 1 \\ \hline \end{array}$$

Promote e Reproduce: o novo conjunto de crenças é reproduzido, gerando uma nova população no Paradigm A. Assim, Paradigm A e Beliefspace ficarão com o seguinte conteúdo:

Paradigm A

X	1	Y	2	Z	2
---	---	---	---	---	---

$$\text{Beliefspace} = \begin{array}{|c|c|} \hline X & 1 \\ \hline \end{array}$$

Finaliza a execução do algoritmo para o agente A e inicia o AC para o agente B.

AGENTE B

Evaluate: seleciona os indivíduos da população atual (Paradigm B) cujo custo de experiência seja igual a 2 (inicialmente, todos).

Accept: determina quais indivíduos na população atual (Paradigm B) irão contribuir para a atualização do beliefspace. Como há mais de um indivíduo selecionado, a escolha de um indivíduo da população é feita aleatoriamente.

Indivíduo selecionado aleatoriamente:

W	2
---	---

O agente B, então, executará o comportamento W em relação ao agente C. Ao executar o comportamento W, o agente B irá obter o custo de experiência relacionado a essa ação. Neste caso, é igual a um, ou seja, o comportamento W não é viável em relação ao agente C (Ver Paradigm C).

Vote e Inherit: o indivíduo selecionado e o custo de experiência obtido pela função de aceitação é implementado para modificar o conjunto de crenças atuais. Beliefspace ficará com o seguinte conteúdo:

$$\text{Beliefspace} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline X & 1 & W & 1 \\ \hline \end{array}$$

Promote e Reproduce: o novo conjunto de crenças é reproduzido, gerando uma nova população no Paradigm B. Assim, Paradigm B e Beliefspace ficarão com o seguinte conteúdo:

Paradigm B

X	1	W	1	Y	2	K	2
---	---	---	---	---	---	---	---

$$\text{Beliefspace} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline X & 1 & W & 1 \\ \hline \end{array}$$

Finaliza a execução do algoritmo para o agente B e inicia o AC para o agente A.

AGENTE A

Evaluate: seleciona os indivíduos da população atual (Paradigm A) cujo custo de experiência seja igual a 2. Serão selecionados Y e Z.

Paradigm A

X	1	Y	2	Z	2
---	---	---	---	---	---

Accept: determina quais indivíduos na população atual (Paradigm A) irão contribuir para a atualização do beliefspace. Como há dois indivíduos selecionados, a escolha é feita aleatoriamente.

Indivíduo selecionado aleatoriamente:

Y	2
---	---

O agente A, então, executará o comportamento Y em relação ao agente C, obtendo o custo de experiência relacionado a essa ação. Neste caso, é igual a dois, ou seja, o comportamento Y é viável em relação ao agente C (Ver Paradigm C). Por exemplo, se o agente C representasse um animal feroz, o comportamento Y poderia ser afastar-se dele lentamente.

Vote e Inherit: o indivíduo selecionado e o custo de experiência obtido pela função de aceitação é implementado para modificar o conjunto de crenças atuais. Beliefspace ficará com o seguinte conteúdo:

Beliefspace =

X	1	W	1	Y	2
---	---	---	---	---	---

Promote e Reproduce: o novo conjunto de crenças é reproduzido, gerando uma nova população

no Paradigm A. Assim, Paradigm A e Beliefspace ficarão com o seguinte conteúdo:

Paradigm A

X	1	W	1	Y	2	Z	2
---	---	---	---	---	---	---	---

Beliefspace =

X	1	W	1	Y	2
---	---	---	---	---	---

Finaliza a execução do algoritmo para o agente A e inicia o AC para o agente B.

A execução do AC continua, alternando entre o agente A e o agente B, até que o Paradigm A, o Paradigm B e o beliefspace contenham as mesmas informações.

Por exemplo, se um novo agente D for inserido na comunidade, o AC deverá ser executado novamente para cada agente da comunidade (agentes A, B e D), até que o Paradigm A, o Paradigm B, o Paradigm C e o beliefspace contenham as mesmas informações novamente.

A análise do AC apresentado permite identificar uma importante característica: a evolução da população é baseada no conhecimento gerado pela experiência coletiva e armazenado no espaço de crenças ou beliefspace. Isso significa dizer que a população é guiada na direção que, segundo o conhecimento armazenado no beliefspace, possibilitará uma melhor adaptação ao ambiente. O beliefspace foi criado para guiar os indivíduos na busca por melhores soluções para problemas propostos. A análise do algoritmo mostra, também, que a instância onde encontra-se a capacidade cognitiva dos agentes é o Paradigm, que armazena dois tipos de conhecimento: os novos comportamentos aprendidos através das experiências dos demais agentes da comunidade e, além disso, informações sobre quais comportamentos são aceitáveis e viáveis para o domínio considerado.

Outra característica importante é que o conhecimento gerado coletivamente (armazenado no beliefspace) é independente do agente e acessível a toda a comunidade de agentes. Entretanto, se o agente for mudado de contexto (cultura) levará com ele este conhecimento que foi herdado culturalmente (armazenado em Paradigm).

Conclusão

Consideramos neste artigo, a cultura como uma rede de relacionamento entre agentes de uma comunidade criando gabaritos comportamentais, ou seja, um domínio de conhecimento comum que define um modelo de inferências sobre objetos e situações. Além disso, consideramos a metacognição sob duas dimensões: o conhecimento e a regulação.

Mostramos que os algoritmos culturais podem ser utilizados como processos metacognitivos implícitos, estabelecendo regras que atuarão sobre a base cognitiva e, também, sobre as ações e comportamentos que este conhecimento irá determinar no ambiente. Aplicamos estes conceitos através de um algoritmo cultural para um domínio específico. O nosso objetivo não foi esgotar todas as possibilidades do algoritmo, mas demonstrar as potencialidades do algoritmo cultural como um mecanismo de metacognição em sistemas de cognição artificial.

Referências

ALMEIDA, L.F.; PACHECO, M.A.; VELLASCO, M.M. "Algoritmos Evolucionários na Otimização de Alternativas para o Desenvolvimento de Campos de Petrólio", XXIII Encontro Nacional de Eng. De produção, Ouro Preto, MG, Brasil, 2003.

COELLO, C.A.C.; BECERRA, R.L. "Evolutionary Multiobjective Optimization Using a Cultural Algorithm", 2003.

EDMONDS, B. "Capturing Social Embeddedness: A Constructivist Approach", 2000.

FRANKLIN, B.L. "Culturas Artificiais: Computação Evolutiva, Metáforas Sociais e sua Aplicação em Robótica", Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2001.

HUDLICKA, E. "Modeling Interaction Between Metacognition and Emotion in a Cognitive Architecture", 2006.

NETO, R.F.T. "Planejamento de Vistorias Usando Robôs Móveis Autônomos e Otimização pelo Algoritmo de Colônia de Formigas", 2005.

REYNOLDS, R.G. "An Introduction to Cultural Algorithms", 1998.

REYNOLDS, R.G.; CHUNG, C. "A Self-adaptive Approach to Representation Shift in Cultural Algorithms", 1998.

RIBEIRO, C. "Metacognition: A Support to the Learning Process", Scientific Electronic Library Online, 2003.

RODRIGUES, N.M. "Um Algoritmo Cultural para problemas de Despacho de Energia Elétrica", 2007.

SETH, A.K. "The Ecology of Action Selection: Insights from Artificial Life", 2008.

SLOMAN, A. "Varieties of Metacognition in Natural and Artificial Systems", 2008.

VON ZUBEN, F.J. "Computação Evolutiva: Uma Abordagem Pragmática".