

EVOLUÇÃO DE ESTRATÉGIAS MARKOVIANAS NO DILEMA DO PRISIONEIRO ITERADO

Katharine Padilha de Paulo¹, Carlos Alberto Estombelo-Montesco², Julian Tejada³

1. Estudante de IC do Departamento de Computação da Universidade Federal de Sergipe

2. Professor do Departamento de Computação da Universidade Federal de Sergipe

3. CECH- UFS / Departamento de Psicologia / Orientador

Resumo:

Ao longo dos anos, o estudo do comportamento social vem tentando explicar o surgimento da cooperação entre organismos não aparentados. Nesse contexto, um excelente modelo de estudo é o Dilema do Prisioneiro Iterado, jogo no qual, por meio de estratégias, seus jogadores buscam maximizar seus ganhos individuais. Parte dessas estratégias são simples e se baseiam apenas na última rodada para tomar a decisão seguinte, (por exemplo: *Tic-for-tat* ou olho por olho e Pavlov ou se perco mudo, se ganho permaneço), e por esta razão podem ser analisadas computacional e analiticamente usando modelos de cadeias de Markov.

Nesta pesquisa, procura-se a geração e análise de estratégias de memória curta que sejam evolutivamente vantajosas no jogo Dilema do Prisioneiro Iterado. Espera-se que tais estratégias sirvam para o entendimento da dinâmica das interações sociais. Interações essas entre seres humanos, animais ou em organismos artificiais.

Palavras-chave: Dilema do prisioneiro, interações sociais, modelos markovianos.

Apoio financeiro: COPES.

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: UFS.

Introdução:

A cooperação é um comportamento muito comum entre indivíduos da mesma espécie. No entanto, biólogos têm buscado explicar o que leva indivíduos não aparentados a cooperar (RIDLEY, 1997). Diante desta questão, diferentes campos do conhecimento começaram a ser explorados a fim de encontrar possíveis razões, entre elas, a Teoria dos Jogos.

A Teoria dos jogos é uma área de estudo da matemática aplicada que surgiu da necessidade de estudar o comportamento econômico em situações controladas. O dilema do prisioneiro é um problema da teoria dos jogos, que permite modelar e estudar interações entre organismos em diferentes contextos. É possível visualizá-lo, por exemplo, em situações como o doping entre atletas, na corrida armamentista entre diferentes países (MAJESKI, 1984), ou na competição entre companhias concorrentes, causando o surgimento de cartéis (NICHOLSON; SNYDER, 2010).

Em 1979, Axelrod criou um torneio computacional, no qual os participantes poderiam submeter programas para competir em um jogo Iterado do Dilema do Prisioneiro (RIDLEY, 1997). Ainda que estratégias robustas tenham obtido um bom desempenho, o vencedor foi o *Tit-for-Tat*, uma estratégia simples, de memória curta. Mais tarde outras estratégias surgiram, como Pavlov e Olho por olho generoso. Todas baseadas no mesmo princípio: A única informação utilizada para a decisão seguinte era a última decisão tomada, o que permite denominar essas estratégias como markovianas, uma vez que seguem os princípios de uma cadeia de Markov.

Além disso, alguns anos depois Axelrod e Hamilton utilizaram o Dilema do Prisioneiro para demonstrar o fato que a cooperação pode surgir quando dois jogadores são forçados a interagir repetidamente sob mesmas condições (RIDLEY, 1997).

No contexto acima, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver modelos do Dilema do Prisioneiro Iterado, utilizando uma abordagem computacional e matemática baseada em cadeias de Markov. A partir destes

modelos, espera-se encontrar padrões e alterações de comportamento, que possam contribuir para o estudo do comportamento e interações sociais entre organismos da mesma espécie e, também, entre organismos não aparentados.

Metodologia:

A abordagem utilizada no presente projeto foi a modelagem computacional de sistemas sociais com o objetivo de avaliar situações sociais. Desta forma, com base no Dilema do Prisioneiro Iterado (DPI) (KOMORITA; PARKS, 1996), foram construídos modelos computacionais a fim de realizar simulações do DPI com múltiplos agentes autônomos no software Netlogo.

O Netlogo é software de código aberto (Open Source) (WILENSKY, 1999), que fornece um ambiente de programação baseada em agentes. Este software possui uma sintaxe agradável, permite uma visualização em tempo real das iterações de código, e possui uma interface gráfica intuitiva e completa, facilitando, portanto, a programação. Além disso, o Netlogo conta com uma vasta biblioteca de modelos prontos em diferentes áreas do conhecimento, como artes, biologia, química, física, ciências da computação e ciências sociais.

Nossos modelos foram baseados em Cadeias de Markov e Algoritmos Genéticos. Primeiramente, foi desenvolvido um modelo markoviano, onde a matriz de estratégias dos jogadores do dilema do prisioneiro seria composta por um vetor de probabilidades: [R S T P], considerando as quatro possibilidades nas quais um agente pode-se encontrar, ambos terem cooperado (R), ter cooperado enquanto seu oponente desertou (S), ter desertado enquanto seu oponente cooperou (T) e ambos terem desertado (P), cada estado identificado pela inicial da palavra em inglês que representa a situação: *Reward*, *Sucker*, *Temptation* e *Punishment*. Esse primeiro modelo foi construído com o objetivo de testar as estratégias conhecidas na literatura (RIDLEY, 1997) em um ambiente multiagente.

Posteriormente, um modelo com base em Algoritmos Genéticos foi desenvolvido a fim de observar a evolução dos jogadores e o surgimento de possíveis novas estratégias para o Dilema do Prisioneiro. A terceira fase do projeto teve como foco a avaliação das estratégias encontradas com o modelo baseado em Algoritmos Genéticos. As estratégias foram testadas em ambientes deterministas, nos quais as decisões dos agentes só dependem do estado atual no qual se encontrem, e em ambientes probabilísticos, os quais introduzem ruído no processo de tomada de decisões, fazendo com que os

agentes mudem sua decisão seguindo uma probabilidade.

Ao longo do projeto, foram desenvolvidos tanto códigos para NetLogo, quanto códigos para ler e analisar os resultados das simulações. Para a análise, foi escolhido o Python, uma linguagem de programação muito versátil para o processamento de dados (STEVEN, 2009).

Resultados e Discussão:

A partir de nossos modelos, foi possível comprovar o desempenho das estratégias mais comuns da literatura (RIDLEY, 1997). Onde TFT vence na maioria dos ambientes multiagentes deterministas, Pavlov supera TFT em ambientes ruidosos, e Desertores dominam ambientes com as 4 estratégias.

Além disso, com o modelo de Algoritmos genéticos, foram obtidas 10 estratégias, entre elas 7 novas, sendo uma delas superior às demais. Esta nova estratégia, [1 0 0 0], a qual denominamos de ostracismo, domina ambientes deterministas e ruidosos, ganhando em rodadas com as 4 estratégias conhecidas. Com este resultado é possível comprovar que a presença de uma estratégia pode moldar um ambiente.

Conclusões:

Nesta pesquisa, com nossos modelos foi possível gerar estratégias de memória-um em um modelo do dilema do prisioneiro iterado, e testar o desempenho dessas estratégias a fim de avaliar suas capacidades e entender suas características.

A partir desses modelos foi possível explorar essas estratégias e entender ambientes onde as mesmas poderiam florescer. Além disso, foi descoberto que uma estratégia pode moldar o ambiente, tanto quanto, o desempenho de uma outra estratégia, contribuindo, portanto, para o estudo de situações sociais e dinâmicas das interações sociais.

Referências bibliográficas

AXELROD, Robert M. **The evolution of cooperation**. Basic books, 2006.

KOMORITA, Samuel S.; PARKS, Craig D. **Social dilemmas**. Brown & Benchmark, 1994.

MAJESKI, Stephen J. Arms races as iterated prisoner's dilemma games. **Mathematical Social Sciences**, v. 7, n. 3, p. 253-266, 1984.

NICHOLSON, W.; SNYDER, C. **Theory and application of intermediate microeconomics**. [S.l.]: South-Western, Cengage Learning, 2010.

NOWAK, Martin; SIGMUND, Karl. A strategy of win-stay, lose-shift that outperforms tit-for-tat in the Prisoner's Dilemma game. **Nature**, v. 364, n. 6432, p. 56, 1993.

RIDLEY, M. **The origins of virtue**. Penguin UK, 1997.

STEVEN, Bird; KLEIN, Ewan; LOPER, Edward. **Natural language processing with python**. OReilly Media Inc, 2009.

YATESS, R. D.; GOODMAN, D. J. **Probability and Stochastic Processes. A Friendly introduction for Electrical and Computer Engineering**. 1999.