

Estudo de Bibliotecas para Algoritmos de Enxames Paralelos

Natiele Lucca¹, Claudio Schepke¹

¹Ciência da Computação – Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Alegrete – RS – Brazil

{natielelucca@gmail.com, claudioschepke@unipampa.edu.br},

Resumo. *Este trabalho identificou bibliotecas de programação que implementam algoritmos de enxame. Esses simulam o comportamento de populações e usam cálculos para melhorar a qualidade da solução. Buscamos os algoritmos implementados para cada biblioteca e se são paralelos. Como resultados, apresentamos as bibliotecas encontradas, as linguagens de programação, as técnicas de paralelismo e alguns algoritmos.*

1. Introdução

A inteligência de enxames ou inteligência de colônias ou ainda inteligência coletiva, é um conjunto de técnicas baseadas no comportamento coletivo de sistemas auto-organizados, distribuídos, autônomos, flexíveis e dinâmicos [Serapiao 2009]. Os algoritmos que simulam esse comportamento são chamados de Algoritmos Bioinspirados ou de Computação Natural. Eles são empregados em problemas complexos onde é difícil encontrar a melhor solução, devido ao elevado tempo de computação.

Um enxame é uma população de elementos que interagem e são capazes de otimizar um objetivo global através da busca colaborativa de um espaço. Há uma tendência em um enxame para os indivíduos se moverem em direção a um centro de massa na população, resultando em convergência, estado ótimo [Kennedy and Eberhart 2001]. Nos métodos de otimização natural, a função objetivo é avaliada várias vezes, o que eleva o custo computacional. Entretanto, esses métodos tem uma probabilidade maior para evitar mínimos locais [do Prado and Saramago 2005].

O princípio desses algoritmos utiliza um método construtivo para a obtenção da população inicial e uma técnica de busca local para melhorar a solução da população. Os indivíduos (soluções) dessa população são evoluídos de acordo com regras específicas [Serapiao 2009]. O algoritmo itera sobre uma tarefa que é realizada por um colônia, classifica e direciona os indivíduos para uma solução factível, mas não garante a otimalidade.

Existem algoritmos inspirados em Colônias de Formigas (ACO – *Ant Colony Optimization*), Cultura de Bactérias (BFO – *Bacterial Foraging Optimization*), Enxame de Partículas (PSO – *Particle Swarm Optimization*), Colônia Artificial de Abelhas (ABC – *Artificial Bee Colony*) entre outros.

A inteligência é a capacidade de resolver grandes problemas eficientemente. Um problema pode ter diversas soluções, a maioria não são muito boas, algumas são transitáveis e poucas são ótimas. Existe uma série de métodos para classificar as possibilidades e os atalhos, chamados de heurística, que aceleram o processo de busca. Como os

princípios são semelhantes, um método pode ser desenvolvido para um problema e usado para outro [Castro and Tsuzuki 2008].

Este trabalho visa investigar as bibliotecas disponíveis que implementam algoritmos de computação natural, identificando se utilizam técnicas de programação paralela. Com o propósito de posteriormente implementar uma nova biblioteca *open source* com algoritmos bioinspirados paralelos.

O artigo está organizado da seguinte forma. A segunda seção apresenta os métodos e filtros utilizados para a realização desta pesquisa. Na terceira seção, as bibliotecas encontradas na literatura são apresentadas. Por fim, as considerações sobre a pesquisa realizada.

2. Metodologia

Para a coleta de material utilizamos as bases IEEE Xplore e Springerlink, pois são as principais bases indexadoras da área de computação. Com o propósito de identificar as bibliotecas que implementam algoritmos bioinspirados, destacando caso utilizem técnicas de programação paralela e se possuem código *open source*.

A string de busca aplicada foi gerada pela combinação das palavras *parallel* (paralelo); *library* (biblioteca); *swarm* (enxame); *algorithm* (algoritmo); *particle* (partícula); *optimization* (otimização); ABC (colônia artificial de abelhas); PSO (enxame de partículas); *swarm intelligence* (inteligência de enxame).

Para filtrar os resultados da busca foram estabelecidos critérios de exclusão: Os artigos com data de publicação inferior aos anos 2000; Artigos publicadas em línguas distintas de português ou inglês; Artigos incompletos - que contém apenas resumo; Fora do escopo da pesquisa - sem uso de bibliotecas ou aplicações paralelas; Artigos duplicados; e Artigo indisponível na base de dados.

3. Resultados

Na pesquisa foram identificadas bibliotecas que implementam algoritmos bioinspirados. Algumas possuem técnicas de programação paralela. A biblioteca *Paradiseo-EO*¹ implementa algoritmos evolutivos, pesquisas locais e otimização por enxame de partículas (PSO). Estes possuem versões paralelas e distribuídas, com metaheurísticas híbridas e paralelas. A biblioteca possui métodos modularizados o que permite que o programador use algoritmos prontos ou que implemente seus próprios métodos. *Paradiseo-EO* utiliza as bibliotecas paralelas MPI (*Message Passing Interface*) e PThreads. Para explorar os recursos dessa biblioteca é preciso possuir licença.

A biblioteca *MALLBA*² é *open source* e possui implementação dos algoritmos PSO (enxame de partículas), ACO (colônias de formigas), GE (genéticos) e metaheurísticas [del Rio Astorga et al. 2018]. Os algoritmos que compõem esta biblioteca são genéricos, ou seja, podem ser aplicados a diversos problemas, mas exigem que parâmetros sejam

¹Paradiseo A Software Framework for Metaheuristics. Disponível em: <http://paradiseo.gforge.inria.fr> Acesso em set. de 2018

²MALLBA LIBRARY v2.0, 2018. Disponível em: <http://neo.lcc.uma.es/mallba/easy-mallba/> Acesso set. de 2018

especificados. Os métodos utilizam as bibliotecas PThreads e OpenMP para o paralelismo dos algoritmos [Alba et al. 2002].

PyGMO³ é uma biblioteca livre que fornece algoritmos como o PSO, ABC e de otimização. Essa biblioteca disponibiliza métodos modularizados, assim o desenvolvedor pode optar por utilizar o algoritmo ou por implementar seu próprio código na linguagem de programação Python. Os algoritmos e métodos não são paralelos, mas utilizam os recursos de hardware de maneira eficiente. As topologias de rede *Hypercube*, *Ring*, *Barabasi-Albert*, *Watts-Strogatz* e *Erdos-Renyi*, são usadas para definir as rotas de migração de boas soluções entre os cores. Não é tarefa do usuário ou desenvolvedor manipular os indivíduos (membros da população bioinspirada), essa é uma estratégia utilizada para manter a população consistente [Izzo and Biscani 2015].

A biblioteca PaGMO⁴ implementa algoritmos bioinspirados, tais como ABC (colônia artificial de abelhas), PSO (enxame de partículas), SA (Simulated Annealing), GA (algoritmos Genéticos), Algoritmos Evolutivos e de Otimização, na linguagem C++. A biblioteca MPI é utilizada para beneficiar a execução através do bom uso de recursos do hardware. A biblioteca é *open source* e em ambientes de cluster, o PaGMO pode ser empregado para distribuir a carga de trabalho entre várias máquinas [Biscani and Stroe 2018].

A Tabela 1 apresenta as bibliotecas detectadas no estudo, a linguagem de programação em que foram desenvolvidas, alguns exemplos de algoritmos implementados e informam se utilizam as biblioteca PThreads, OpenMP e MPI.

Tabela 1. Bibliotecas para Algoritmos Bioinspirados

Biblioteca	PThreads	OpenMP	MPI	Linguagem	Algoritmos
Paradiseo-EO	Sim	Não	Sim	C e C++	PSO, Pesquisas Locais, Algoritmos Evolutivos.
MALLBA	Sim	Sim	Não	C e C++	Metaheurísticas, PSO, ACO, GA, e de Otimização.
PyGMO	Não	Não	Não	Python	PSO, ABC, GA, ACO e de Otimização.
PaGMO	Não	Não	Sim	C++	ABC, PSO, SA, GA, Algoritmos Evolutivos e de Otimização.

As bibliotecas identificadas na pesquisa são utilizadas por pesquisadores para o desenvolvimento de algoritmos de enxames. Essas bibliotecas abrangem diversos algoritmos e usam técnicas de paralelismo para melhorar o desempenho da aplicação. Expondo a importância de aplicações eficientes que utilizam adequadamente os recursos de hardware disponíveis. Destacam os métodos genéricos que permitem flexibilidade, uma vez que os desenvolvedores podem optar por usar o algoritmo ou por aprimorar certos trechos do código.

³Welcome to PyGMO. Disponível em: <http://esa.github.io/pygmo/index.html>. Acesso em nov. de 2018

⁴PaGMO Parallel Global Multiobjective Optimizer. Disponível em: <http://esa.github.io/pagmo/index.html>. Acesso em out. de 2018

4. Considerações Finais

Os algoritmos de enxame buscam solucionar problemas complexos, suas aplicações são vastas e podem contribuir com diversas áreas, como por exemplo engenharia e ciência. Essas aplicações robustas além de complexas demandam tempo de execução e computação, o que torna a solução cara.

No estudo observamos que as bibliotecas encontradas não contém somente algoritmos bioinspirados, além deles resolvem problemas de otimização, busca e metaheurísticas. A literatura evidencia a importância e aplicação de algoritmos de enxame na solução de diversos problemas. Mas também aponta uma lacuna as bibliotecas não são direcionadas, mas heterogenias abrangem diversos algoritmos.

As bibliotecas dispõem de métodos capazes de abstrair e generalizar informações, o que as torna uma estratégia simples e eficiente para desenvolvimento de aplicações bioinspiradas. Alguns destes métodos são implementados com estratégias paralelas o que melhora ainda mais o desempenho da aplicação.

Para trabalho futuros buscamos reunir em uma nova biblioteca os métodos e técnicas identificados no estudo apresentado neste artigo. O objetivo da próxima etapa é compor uma biblioteca simples e *open source*, que disponha de métodos e algoritmos de inteligência de enxame. Esses algoritmos serão estudados quanto a sua estrutura, esboçados (fluxograma que represente o pseudocódigo) e implementados.

Referências

- Alba, E., Almeida, F., Blesa, M., Cabeza, J., Cotta, C., Díaz, M., Dorta, I., Gabarró, J., León, C., Luna, J., Moreno, L., Pablos, C., Petit, J., Rojas, A., and Xhafa, F. (2002). MALLBA: A Library of Skeletons for Combinatorial Optimisation. In Monien, B. and Feldmann, R., editors, *Euro-Par 2002 Parallel Processing*, pages 927–932, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- Biscani and Stroe (2018). PaGMO (Parallel Global Multiobjective Optimizer).
- Castro, E. and Tsuzuki, M. (2008). Swarm Intelligence applied in synthesis of hunting strategies in a three-dimensional environment. *Expert Systems with Applications*, 34:1995–2003.
- del Rio Astorga, D., Dolz, M. F., Fernández, J., and García, J. D. (2018). Paving the way towards high-level parallel pattern interfaces for data stream processing. *Future Generation Computer Systems*, 87:228 – 241.
- do Prado, J. R. and Saramago, S. F. (2005). Otimização por colônia de partículas. *FAMAT em Revista*, page 87.
- Izzo, D. and Biscani, F. (2015). Welcome to PyGMO.
- Kennedy, J. and Eberhart, R. C. (2001). *Swarm Intelligence*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA.
- Serapiao, A. (2009). Fundamentos de Otimização por Inteligência de enxames: Uma Visão Geral. *Controle y Automacao*, 20:271–304.