

Reseña Acerca de los Algoritmos Bioinspirados

Isabella Ardila, Kevin Garcia, Camilo Lopez Universidad Sergio Arboleda

February 25, 2024

1 Introducción

"Los algoritmos bioinspirados son un tipo de algoritmos que se inspiran en los procesos y patrones que podemos encontrar en la naturaleza"(Arvizu y Chávez, 2023, párrafo 1), buscan emular su capacidad para resolver problemas complejos de manera eficaz y adaptable. Desde su surgimiento en la década de 1960, estos algoritmos han experimentado un crecimiento exponencial, abarcando una amplia gama de técnicas que han revolucionado áreas como la ingeniería, la medicina y la economía, entre otros. Este enfoque interdisciplinario ha permitido a los investigadores explorar nuevas fronteras en la resolución de problemas complejos, aprovechando la capacidad inherente de la naturaleza para encontrar soluciones eficientes y adaptativas a través de procesos evolutivos y colaborativos.

En esta reseña, nos sumergiremos en los fundamentos teóricos y las aplicaciones prácticas de los algoritmos bioinspirados, resaltando su importancia para abordar desafíos tecnológicos, sociales y medioambientales en la era digital. Exploraremos cómo estos algoritmos están redefiniendo paradigmas en la ciencia y la ingeniería, inspirando nuevas formas de pensar y diseñar sistemas inteligentes y adaptables que puedan enfrentar los desafíos del mundo actual y del futuro.

2 Desarrollo

En las ultimas decadas el interés por los algoritmos inspirados en la naturaleza ha estado en auge gracias a la creciente popularidad de tecnologías como el machine learning y el deep learning en el desarrollo de las redes neuronales convolucionales. La informática se impone cada día más en la industria y se aprecia que la naturaleza es una fuente importante de inspiración para la tecnología. El comportamiento de la naturaleza supone, en su análisis, un nuevo mundo de oportunidades para desarrollar tecnologías evolutivas y adaptables que prioricen la optimización de procesos comprometidos.

Existen varios desarrollos de algoritmos bioinspirados a partir de diversas fuentes de inspiración biológica. Las dos categorías ampliamente aceptadas por la mayoría son los algoritmos basados en la evolución y los algoritmos basados en enjambres. Los algoritmos basados en enjambres se inspiran en el comportamiento colectivo de los animales, mientras que los algoritmos basados en la evolución natural se fundamentan en el proceso de selección natural y la adaptación. También se considera como categoría los algoritmos basados en la ecología. Aunque esta clasificación abarca la mayoría de los algoritmos bioinspirados, hay algunos nuevos algoritmos que no pueden ser agrupados allí, los cuales se denominan algoritmos multiobjetivo.

Los algoritmos basados en la evolución se inspiran en el proceso de selección natural y evolución biológica. Se basan en la idea de que las soluciones a problemas pueden evolucionar y adaptarse a lo largo del tiempo a través de mecanismos como la mutación, la selección y la reproducción. Los algoritmos genéticos son un ejemplo destacado en esta categoría. Estos algoritmos permiten encontrar soluciones óptimas o cercanas a óptimas en problemas complejos y multidimensionales, donde otras técnicas de optimización pueden fallar. Son utilizados en una amplia gama de aplicaciones, desde la optimización de diseños en ingeniería hasta la generación automática de programas informáticos.

Los algoritmos basados en enjambres se inspiran en el comportamiento colectivo de animales sociales, como las colonias de hormigas, los enjambres de abejas o los cardúmenes de peces. Se caracterizan por la cooperación entre individuos simples para lograr objetivos comunes, sin necesidad de una autoridad centralizada. Ejemplos destacados son el algoritmo de colonia de abejas artificiales (ABC) y el algoritmo de enjambre de peces (FSA). Su importancia recae en encontrar soluciones óptimas en problemas complejos y dinámicos, donde las condiciones cambian rápidamente. Se aplican en áreas como la optimización de rutas, la planificación logística y la búsqueda de patrones en grandes conjuntos de datos.

Los algoritmos basados en ecología se inspiran en los principios y patrones observados en los ecosistemas naturales. Se centran en la interacción entre organismos y su entorno, así como en la distribución y la competencia por recursos. Ejemplos incluyen el algoritmo de optimización de malezas invasivas (IWO) y el algoritmo Optimización basada en biogeografía (BBO). Son importantes porque permiten modelar y resolver problemas complejos que involucran interacciones dinámicas entre múltiples agentes o componentes. Se utilizan en áreas como la optimización de recursos en redes de distribución, la gestión ambiental y la simulación de sistemas biológicos.

Por último y más importante, los algoritmos multiobjetivo se utilizan para resolver problemas de optimización con múltiples objetivos que deben ser optimizados simultáneamente y que pueden estar en conflicto entre sí. Se centran en encontrar un conjunto de soluciones que representen un compromiso entre los diferentes objetivos, en lugar de una única solución óptima. Son importantes porque permiten encontrar soluciones que equilibren de manera eficiente diferentes criterios de desempeño en una variedad de aplicaciones. Se utilizan en áreas como el diseño de productos, la planificación de proyectos y la ingeniería de sistemas, donde es necesario considerar múltiples objetivos y restricciones.

Veamos un par de ejemplos comprendiendo como se relacionan, su enfoque y su función a desarrollar.

3 Ejemplos de algoritmos bio-inspirados

3.1 Algoritmo Genético

La familia de los algoritmos bioinspirados ofrece un conjunto diverso de técnicas para resolver problemas complejos mediante la imitación de procesos naturales. Dentro de esta categoría, destaca el Algoritmo Genético (AG), el cual se basa en el principio de la evolución natural, adaptando a sus individuos a su entorno a través de la selección natural, la reproducción y la mutación. (Chandrashekar, & Sahin, 2014)

En su funcionamiento, Holland (1975) dice "las soluciones a un problema se representan como 'cromosomas'" y también, compuestos por "genes" que pueden ser valores binarios, números reales o símbolos. (p.4) Los individuos con mayor aptitud son seleccionados para la reproducción, donde se realiza un cruce entre sus cromosomas para generar nuevos individuos. Además, se introduce aleatoriedad mediante la mutación para evitar estancamientos y explorar nuevos espacios de búsqueda. Este proceso de selección, reproducción, mutación y evaluación se repite durante varias generaciones hasta alcanzar una solución satisfactoria o cumplir un criterio de específico.

Entre sus ventajas se destaca su robustez y flexibilidad, así como su capacidad para encontrar soluciones óptimas o cercanas en problemas complejos. Sin embargo, también presentan desafíos, como su costo computacional, la necesidad de ajuste de parámetros y las dificultades para buscar soluciones en espacios de búsqueda muy amplios.

Además, los algoritmos genéticos tienen aplicaciones en una amplia variedad de campos, incluyendo la optimización de diseños arquitectónicos, el desarrollo de software para resolver problemas complejos, y el entrenamiento de sistemas de aprendizaje automático, como las redes neuronales artificiales. (Akopov, 2019)

3.2 Algoritmo de Colonia de Abejas Artificiales

Este algoritmo forma parte de los algoritmos bio-inspirados basados en enjambre, el algoritmo de Colonia de Abejas artificiales de su sigla en inglés ABC (Artificial Bee Colony) fue propuesto por Dervis Karaboga en 2005. "The artificial ABC is based loosely on the behaviour of bees in a hive hunting for food sources and communicating together" [se basa vagamente en el comportamiento de las abejas en una colmena en busca de alimento y la comunicación entre ellas](Fan et al., 2020, p. 618). En el modelo las abejas se agrupan en tres categorías: empleadas, observadoras y exploradoras. Fue diseñado originalmente para problemas de optimización numérica sin restricciones. Las posibles soluciones al problema de optimización son "fuentes de alimento" con la aptitud de la solución modelada como "cantidad de néctar".

El proceso de búsqueda de néctar por parte de las abejas es un proceso de optimización, y el comportamiento de estas se modela como una heurística de optimización basada en el modelo biológico descrito anteriormente. Las exploradoras identifican nuevas fuentes de alimento. Las abejas empleadas evalúan la calidad de las fuentes de alimento, y los observadores obtienen la información de las abejas empleadas sobre la calidad de la fuente de alimento que ha comprobado la abeja empleada. Los observadores evalúan fuente de alimento frente a las vecinas, de modo que las soluciones pueden ser descartadas y sustituidas por soluciones exploradas.

El algoritmo funciona a grandes rasgos de la siguiente manera, inicialmente se identifica una fuente de alimento (solución) para cada abeja empleada. Cada abeja empleada evalúa esta y la modifica. Si su nueva fuente de alimento es óptima que la anterior, olvidan la anterior y recuerdan la nueva. A continuación, comunican esta información a las abejas observadoras. Las abejas observadoras eligen una fuente de alimento en función de la aptitud comunicada por todas las abejas empleadas y producen una modificación. De nuevo, si la modificación es mejor sustituye a la fuente de alimento original. Las fuentes abandonadas son reemplazadas por nuevas fuentes por los exploradores.

La colonia de Abejas artificiales ha llevado a cabo múltiples aplicaciones, en diversas áreas como la ingeniería, las ciencias aplicadas entre otras. Uno de esos usos está en el procesamiento digital de imágenes cuyo objetivo es identificar los círculos en imágenes reales donde "se utiliza una combinación de tres puntos borde para codificar círculos candidatos" (Cuevas. E, 2015) y será evaluado junto con el algoritmo de circunferencia de punto medio (MCA) dibujando una figura circular virtual y siendo comparada con la imagen de bordes original.

4 Conclusiones

En conclusión los algoritmos bioninspirados se basan en la emulación de procesos naturales para abordar eficazmente problemas complejos. Su notable crecimiento ha transformado áreas como ingeniería, medicina y economía. Estos se dividen en categorías, incluyendo algoritmos evolutivos, de enjambres, ecológicos y multiobjetivo. Por ejemplo, los algoritmos genéticos, bajo la categoría evolutiva, emplean selección natural y adaptación para resolver desafíos multidimensionales. Contrariamente, los algoritmos de enjambres se inspiran en la cooperación de animales sociales para enfrentar problemas dinámicos. Los ecológicos, basados en principios naturales, se centran en interacciones y competencias en entornos biológicos. Además, los algoritmos multiobjetivo buscan equilibrar metas conflictivas simultáneamente.

Un caso paradigmático es el algoritmo de colonia de abejas artificiales (ABC), perteneciente a los algoritmos de enjambres. Propuesto por Dervis Karaboga en 2005, se modela en el comportamiento de las abejas en la búsqueda de alimentos. Con empleadas, observadoras y exploradoras, el ABC resuelve problemas de optimización numérica sin restricciones. Las abejas empleadas evalúan y comunican la calidad de las fuentes de alimento, mientras que las observadoras eligen nuevas soluciones basándose en la información recibida. Este algoritmo ha hallado aplicaciones en diversas áreas, como el procesamiento digital de imágenes, donde identifica círculos en imágenes reales mediante la codificación de puntos de borde.

En síntesis, los algoritmos bioinspirados ofrecen un enfoque interdisciplinario que redefine paradigmas en ciencia e ingeniería, enfrentando desafíos contemporáneos. Su clasificación y ejemplos como el algoritmo genético y la colonia de abejas artificiales ilustran su impacto en la resolución de problemas complejos en la era digital.

Referencias (APA)

1. Akopov, S., Beklaryan, L., Thakur, M., & Verma, B., (2019) Parallel multi-agent real-coded genetic algorithm for large-scale black-box single- objective optimisation, *Knowledge-Based Systems*. ISBN: 174, 103-122
2. Arvizu, M., & Chavez, R. (2023) Algoritmos bioinspirados: la conexión entre la naturaleza y la tecnología *Cicese*. Tomado de: <https://ut3.cicese.mx/noticias/173/algoritmos-bioinspirados:-la-conexi%C3%B3n-entre-la-naturaleza-y-la-tecnolog%C3%ADa>
3. Chandrashekar, G., & Sahin, F. (2014). A survey on feature selection methods. *Computers & Electrical Engineering*, 40(1), 16-28. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2013.11.024>
4. Cuevas, E. (2015). El algoritmo “Artificial Bee Colony” (ABC) y su uso en el Procesamiento digital de Imágenes. *Inteligencia Artificial, Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*. 10.4114/ia.v18i55.1079
5. Darwish, A. (2018). Bio-inspired computing: Algorithms review, deep analysis, and the scope of applications. *Future Computing And Informatics Journal*. 10.1016/j.fcij.2018.06.001
6. Fan, X., Sayers, W., Zhang, S., Han, Z., Ren, L., & Chizari, H. (2020). Review and Classification of Bio-inspired Algorithms and Their Applications. *Journal Of Bionic Engineering*. 10.1007/s42235-020-0049-9
7. Holland, J. H. (1992). Adaptation in Natural and Artificial Systems. *The MIT Press eBooks*. <https://doi.org/10.7551/mitpress/1090.001.0001>
8. Tin. H., & Raahemi, B. (2023). Bio-Inspired feature selection Algorithms with their Applications: A Systematic Literature review. *IEEE Access*. 10.1109/access.2023.3272556