

## Tema 10-Computación evolutiva

La naturaleza y la informática están fuertemente relacionadas entre ellas. Son muchos los temas que comparten:

- **Bioinformática:** es una disciplina que combina la biología y la informática para analizar datos biológicos. La bioinformática utiliza algoritmos y herramientas informáticas para comprender mejor la estructura, función y evolución de los organismos vivos a nivel molecular.
- **Computación Evolutiva:** es un campo de la informática que utiliza principios de la teoría de la evolución para resolver problemas de optimización y aprendizaje automático. La computación evolutiva se inspira en la selección natural y la evolución biológica para desarrollar algoritmos que mejoran su rendimiento con el tiempo.
- **Genética y ecología:** la genética se enfoca en el estudio de los genes y su transmisión de una generación a otra, mientras que la ecología se enfoca en cómo los organismos interactúan entre sí y con su entorno. Ambas disciplinas están relacionadas y se utilizan en conjunto para entender cómo los genes y las interacciones ecológicas afectan a las poblaciones y comunidades de organismos.
- **Inteligencia Artificial:** es un área de la informática que se enfoca en desarrollar algoritmos y sistemas que imitan la inteligencia humana, como el aprendizaje automático, el procesamiento del lenguaje natural y la visión artificial.
- **Sistemas más complejos conocidos:** los seres vivos son considerados como los sistemas más complejos conocidos debido a su complejidad y diversidad. Los seres vivos están compuestos por células, que a su vez contienen moléculas y sistemas de reacciones bioquímicas complejos que regulan sus funciones y procesos.
- **Inteligencia y Naturaleza:** la supervivencia es un problema clave tanto para los seres vivos como para las máquinas. Los seres vivos han evolucionado a través del proceso de selección natural para adaptarse a su entorno y sobrevivir, mientras que las máquinas han sido diseñadas para cumplir una tarea específica y resolver problemas.
- **Máquinas vs seres vivos:** la complejidad y la auto-replicación son dos características distintivas de los seres vivos que las máquinas no poseen. La complejidad se refiere a la gran cantidad de componentes interrelacionados y sistemas de regulación que los seres vivos tienen, mientras que la auto-replicación se refiere a la capacidad de los seres vivos de reproducirse y transmitir su información genética a la siguiente generación.
- **Aprovechar la forma de desarrollo de los seres vivos:** hay un campo emergente llamado biología sintética que utiliza los principios de la biología y la ingeniería para crear sistemas biológicos artificiales. La biología sintética se inspira en la forma en que los seres

vivos se desarrollan y se adaptan a su entorno para diseñar nuevos sistemas biológicos con aplicaciones en medicina, biotecnología y energía renovable.

## Historia de la evolución

La evolución se refiere al proceso mediante el cual los organismos cambian y se adaptan a su entorno a lo largo del tiempo. La evolución es el resultado de una serie de procesos naturales y mecanismos que actúan en la población de organismos.

La teoría de la evolución comenzó a desarrollarse en el siglo XVIII y XIX, y ha sido moldeada por muchos científicos a lo largo del tiempo. Aquí hay un resumen de algunos de los científicos más influyentes y sus ideas sobre la evolución:

- **Lamarck:** propuso la idea de la herencia de caracteres adquiridos, donde los organismos podrían adquirir características durante su vida y transmitirlas a sus descendientes. Esta idea se ha descartado en gran medida como mecanismo para la evolución.
- **Darwin:** es conocido por su libro "El origen de las especies", en el que propone la teoría de la selección natural como mecanismo para la evolución. La selección natural se refiere al proceso por el cual los organismos con características más favorables para su entorno tienen una mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse, transmitiendo esas características a la siguiente generación.
- **Mendel:** es conocido por su trabajo en la genética y el descubrimiento de las leyes de la herencia. Estas leyes explican cómo los rasgos se transmiten de una generación a otra y cómo las variaciones genéticas pueden surgir y ser seleccionadas en una población.
- **De Vries:** propuso la idea de la mutación como fuente de variación en la evolución. Las mutaciones son cambios en el ADN que pueden dar lugar a nuevas características que pueden ser seleccionadas por la selección natural.
- **Neo-darwinismo:** es una síntesis de la selección natural de Darwin y la genética de Mendel, que explica cómo las variaciones genéticas se heredan y se seleccionan a través del tiempo.
- **Teoría Neutralista de evolución molecular:** esta teoría propone que la mayoría de los cambios moleculares en el ADN son neutrales y no tienen ningún efecto en la adaptación de los organismos a su entorno. En cambio, la evolución se produce principalmente por la deriva genética, donde las variaciones genéticas se fijan en una población debido a factores aleatorios en lugar de la selección natural.

La naturaleza sirvió de inspiración para la resolución de problemas. Uno de los ejemplos más tempranos de una aplicación de la naturaleza fue el vuelo de los pájaros, que inspiró a Leonardo da Vinci en su diseño de aviones a principios del siglo XVI. Da Vinci observó cómo las aves podían volar y trató de imitar su estructura y movimiento para crear una máquina que pudiera volar como ellas.

Otra aplicación de la naturaleza es la Computación Evolutiva (CE). La CE comienza definiendo un problema para el que no hay una solución algorítmica clara. En lugar de buscar una solución a través de la programación tradicional, la CE genera una población de posibles soluciones (llamadas "individuos") y luego aplica operadores genéticos (como selección, cruce y mutación) para crear nuevas soluciones a partir de la población existente.

Este proceso se repite durante varias generaciones hasta que se encuentra una solución satisfactoria. La CE ha demostrado ser eficaz en una amplia gama de problemas, desde la optimización de procesos industriales hasta el diseño de sistemas de inteligencia artificial.

Hacia 1960, John Holland comenzó a trabajar en los "planes evolutivos". El objetivo de Holland era crear sistemas de computadora que pudieran mejorar y adaptarse a su entorno de manera autónoma, sin necesidad de una programación específica para cada tarea. Para lograr esto, Holland ideó un método basado en la selección natural, el proceso mediante el cual los organismos mejor adaptados sobreviven y transmiten sus genes a las siguientes generaciones.

En el contexto de la computación, los "planes reproductivos" de Holland se refieren a un conjunto de reglas que guían la evolución de una población de programas de computadora. Cada programa representa una posible solución a un problema dado, y la población evoluciona a través de procesos de selección, cruce y mutación similares a los de la biología.

En cada generación, los programas más efectivos (es decir, aquellos que resuelven mejor el problema) tienen una mayor probabilidad de ser seleccionados para reproducirse y producir descendencia, mientras que los menos efectivos tienen menos posibilidades. De esta manera, los programas "evolucionan" a lo largo del tiempo y pueden adaptarse a su entorno para mejorar su desempeño en el problema dado.

Goldberg se convirtió en estudiante de John Holland en la Universidad de Míchigan a principios de la década de 1980 y trabajó en la aplicación de la técnica de los "planes reproductivos" de Holland a problemas de diseño de ingeniería.

A partir de su trabajo con Holland, Goldberg desarrolló una versión modificada de los planes reproductivos, que denominó "algoritmos genéticos". Los algoritmos genéticos son una técnica de optimización que utiliza conceptos inspirados en la evolución natural para buscar soluciones a problemas complejos. En un algoritmo genético, se parte de una población de posibles soluciones a un problema dado, y se aplican operadores de selección, cruce y mutación para generar nuevas soluciones y mejorar el rendimiento de la población en el problema.

Goldberg fue uno de los primeros investigadores en aplicar los algoritmos genéticos a problemas industriales, como la optimización del diseño de piezas de maquinaria o la programación de la producción en una fábrica. Su trabajo en este campo fue fundamental para demostrar la eficacia de los algoritmos genéticos como herramienta de ingeniería y para promover su uso en la industria y la academia.

Otros investigadores que trabajaron en estos campos, a lo largo del siglo XX, fueron:

- 1948: Alan Turing propuso la idea de la búsqueda por medio de procesos evolutivos o genéticos en su artículo "Intelligence Machinery".
- 1962: Hans-Joachim Bremermann propuso la optimización por medio de la recombinación y la evolución en su artículo "Optimization through Evolution and Recombination".
- 1964: Ingo Rechenberg introdujo los conceptos de las estrategias de evolución en su artículo "Kybernetische Anpassung als Optimierungsmethode".
- 1965: Lawrence J. Fogel, Angeline C. Owens, and Michael J. Walsh introdujeron la programación evolutiva en su artículo "Artificial Intelligence through Simulated Evolution".
- 1975: John H. Holland publicó su libro "Adaptation in Natural and Artificial Systems", en el cual introdujo la teoría de la computación evolutiva y los algoritmos genéticos.
- 1989: David E. Goldberg promovió el uso de algoritmos genéticos para aprendizaje y optimización en su libro "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning".
- 1992: John R. Koza introdujo la programación genética en su libro "Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection".