

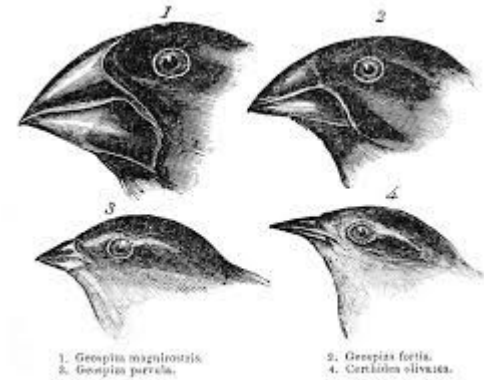
Algoritmos Genéticos

Profa. ALondra Berzunza

Algoritmos Genéticos

“No es la más fuerte de las especies la que sobrevive, ni la más inteligente, sino la que más se adapta al cambio”.

- Charles Darwin

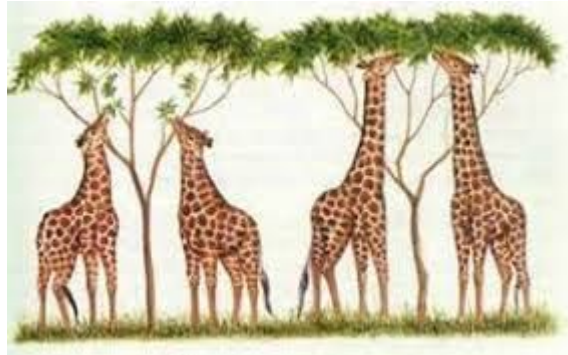


Existen fenómenos biológicos que pueden adaptarse y esta adaptación pueden verse como una optimización.

Algoritmos Genéticos

Los Algoritmos Genéticos son una técnica de optimización inspirada en la búsqueda basada en el principio de la selección natural de Darwin. Se trata de una novedosa técnica de Inteligencia Artificial introducida en la década de 1970.

Esto tiene la capacidad de resolver preguntas que no pueden ser resueltas de otras técnicas como las Redes Neuronales Artificiales.



Algoritmos Genéticos

Los Algoritmos Genéticos son algoritmos basados en búsquedas basadas en los conceptos biológicos de selección natural y genética. Los Algoritmos Genéticos son un subconjunto de una rama mucho más profunda de la computación conocida como Computación Evolutiva.



Algoritmos Genéticos

Las principales ventajas de usar estos algoritmos, residen en su capacidad de simular la adaptación biológica.

Ayudan a resolver funciones que los métodos de optimización comunes no pueden.

- Funciones muy complicadas.
 - Funciones aleatorias.
 - Funciones no diferenciables..
 - Funciones discontinuas.
- Problemas que no tienen una función definida.



Algoritmos Genéticos

En los Algoritmos Genéticos, tenemos una reserva o una población de posibles soluciones a un problema dado.

Estas soluciones se someten entonces a algunas operaciones genéticas, produciendo nuevos hijos y el proceso se repite a lo largo de varias generaciones.

A cada individuo, o solución candidata, se le asigna un valor de aptitud basado en un valor de función de evaluación y a los individuos más aptos se les da una mayor oportunidad de aparearse y producir más individuos más aptos.



Algoritmos Genéticos


Esto está en línea con la teoría Darwiniana de la “supervivencia de los más fuertes”. De esta manera, seguimos evolucionando mejores individuos o soluciones a lo largo de generaciones, hasta que llegamos a un criterio de terminación.



Aplicaciones

Algoritmos Genéticos - Aplicaciones

Los Algoritmos Genéticos se utilizan principalmente en problemas de optimización, pero también se utilizan con frecuencia en otras áreas de aplicación.

- **Optimización:** los Algoritmos Genéticos se utilizan más comúnmente en problemas de optimización en los que tenemos que maximizar o minimizar un valor de función de evaluación dado bajo un conjunto dado de restricciones.
 - **Redes neuronales artificiales:** para entrenar redes neuronales, principalmente redes neuronales recurrentes.
- 

Algoritmos Genéticos - Aplicaciones

- **Sector financiero:** los Algoritmos Genéticos son los más utilizados para encontrar los mejores valores de combinación de parámetros en una regla de negociación y pueden ser incorporados en los modelos de redes neuronales artificiales diseñados para seleccionar acciones e identificar operaciones.
- **Economía:** caracterizar varios modelos económicos como el precio de activos, resolución de equilibrio de la teoría de juegos, etc.



Algoritmos Genéticos - Aplicaciones

- **Paralelización:** los Algoritmos Genéticos tienen muy buenas capacidades paralelas y demuestran ser un medio muy eficaz para resolver ciertos problemas y también proporcionan una buena área para la investigación.
- **Procesamiento de imágenes:** se utilizan para varias aplicaciones de procesamiento de imágenes digitales como la correspondencia de píxeles densos.
- **Programación:** se utilizan para resolver varios problemas de programación, por ejemplo, el problema de la programación de horarios.



Algoritmos Genéticos - Aplicaciones

- **Análisis de ADN:** para determinar la estructura del ADN usando datos espectrométricos sobre la muestra.
- **Generación de trayectorias de robot:** para planificar la trayectoria que toma un brazo de robot moviéndose de un punto a otro.
- **Diseño paramétrico de aeronaves:** diseñar aeronaves variando los parámetros y desarrollando mejores soluciones.



Limitaciones

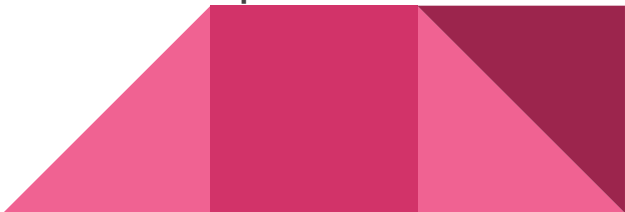
Algoritmos Genéticos - Limitaciones

Como cualquier técnica científica, los Algoritmos Genéticos también sufren de algunas limitaciones.

- No apto para todos los problemas, especialmente los problemas que son simples y para los que se dispone de información derivada.
- El valor del módulo fitness se calcula repetidamente, lo que puede resultar costoso para algunos problemas.



Algoritmos Genéticos - Limitaciones

- La necesidad de computadoras con alta potencia y capacidad de procesamiento. Ya que se necesita mucho espacio para almacenar el aumento de la población cuando se ejecuta un Algoritmo Genético.
 - Toma más tiempo para producir un resultado si no hay suficiente potencia de procesamiento y capacidad informática.
 - Al ser estocástico, no hay garantías sobre el óptimo o la calidad de la solución.
 - Si no se implementan correctamente, los Algoritmos Genéticos pueden no converger hacia la solución óptima.
- 

Algoritmos Evolutivos

Algoritmos Evolutivos

La tarea principal que realizan los algoritmos evolutivos es la optimización. La diferencia entre los algoritmos tradicionales y los algoritmos evolutivos es que los algoritmos evolutivos son dinámicos y, por lo tanto, pueden evolucionar con el tiempo y pueden utilizarse eficazmente para representar información que cambia con frecuencia.

Los algoritmos evolutivos tienen tres características principales.



Algoritmos Genéticos - Limitaciones

Basado en la población.

Los algoritmos evolutivos tienen por objeto optimizar un proceso en el que el conjunto actual de soluciones es malo o no óptimo para generar nuevas, mejores u óptimas soluciones. El conjunto de soluciones actuales a las que aquí se hace referencia se denomina población.



Algoritmos Genéticos - Limitaciones

Orientado al fitness.

Existe un valor de fitness o aptitud asociado a cada solución individual que se calcula a partir de una función de fitness. Este valor de fitness refleja hasta qué punto la solución es buena.



Algoritmos Genéticos - Limitaciones

Función de la variación.

Si no hay una solución aceptable en la población actual de acuerdo con la función de fitness calculada a partir de cada individuo, deberíamos hacer una adaptación para generar nuevas y mejores soluciones. Como resultado, las soluciones individuales sufrirán una serie de variaciones, simplemente iteraciones para generar nuevas soluciones.



Terminología Básica

Terminología Básica

Población.

Es un subconjunto de todas las soluciones posibles, codificadas, para un problema dado. Simplemente, este es el conjunto de individuos y cada individuo es una solución al problema que queremos resolver.

Cromosomas.

Se refiere a una de esas soluciones al problema en cuestión.



Terminología Básica

Gen.

Es la posición de un elemento de un cromosoma. Los individuos de una población se caracterizan por un conjunto de parámetros, variables y son particulares, denominados genes. Básicamente, los genes se unen en una cadena para formar un cromosoma, solución.

Alelo.

Es el valor que toma un gen para un cromosoma en particular.



Noción de Selección Natural

Noción de Selección Natural

El proceso de selección natural comienza con la selección de los individuos más aptos de una población. Producen descendencia que hereda las características de los padres y que será añadida a la siguiente generación.

Si los padres tienen un mejor estado físico, sus hijos serán mejores que los padres y tendrán una mejor oportunidad de sobrevivir.

Este proceso continúa iterando y al final, una generación con los individuos más aptos será encontrada.



Noción de Selección Natural

El funcionamiento de un algoritmo genético también se deriva de la biología y se divide en los siguientes 5 pasos.

- Población inicial
- Función fitness
- Selección
- Cruce
- Mutación



Población inicial

El proceso comienza con un conjunto de individuos que se llama población. Cada individuo es una solución al problema que desea resolver.

Un individuo se caracteriza por un conjunto de parámetros, variables, conocidos como genes. Los genes se unen en una cadena para formar un cromosoma, solución.



Población inicial

En un Algoritmo Genético, el conjunto de genes de un individuo se representa mediante una cadena, en términos de un alfabeto. Normalmente se utilizan valores binarios, cadena de 1 y 0. Decimos que codificamos los genes en un cromosoma.

Es importante que las soluciones en la población inicial sean creadas con genes asignados aleatoriamente, para tener un alto grado de variación genética.


```
010101101010001010101101010100110110010  
011010101001010110100101011101010101001  
111010100110101001010100101010010100101  
100101101011010101010101101010010110101  
101010101010101011010100010101010101010  
101011001000010101110101010110010100010  
010101101010001010101110101010000101010
```



Función fitness

En este paso, el algoritmo debe ser capaz de determinar qué es lo que hace que una solución sea más adecuada que otra solución. Esto se determina por la función fitness o de aptitud. El objetivo de la función es evaluar la viabilidad genética de las soluciones dentro de la población, colocando a aquellos con los rasgos genéticos más viables, favorables y superiores a la cabeza de la lista.

Para las diferentes tareas, la función fitness se somete a ligeras modificaciones. Sin embargo, en esencia, su función principal es desempeñar el papel de diferenciador en la población que separa a los estudiantes más fuertes de los más débiles.



Selección

Durante cada generación sucesiva, una proporción de la población existente es seleccionada para criar una nueva generación. Las soluciones individuales se seleccionan a través de un proceso basado en la función fitness, en el que las soluciones más adecuadas suelen ser las que más se seleccionan.

Ciertos métodos de selección califican la idoneidad de cada solución y seleccionan preferentemente las mejores soluciones. Otros métodos clasifican solo una muestra aleatoria de la población, ya que este proceso puede llevar mucho tiempo.



Selección

La mayoría de las funciones son estocásticas y están diseñadas para que se seleccione una pequeña proporción de soluciones menos adecuadas. Esto ayuda a mantener la diversidad de la población a un nivel elevado, lo que impide la convergencia prematura hacia soluciones deficientes. Los métodos de selección más populares y bien estudiados incluyen la selección de la rueda de la ruleta y la selección de torneos.



Cruce

En el paso anterior, hemos seleccionado los cromosomas padres que producirán descendientes. Así que, en términos biológicos, el cruce no es más que reproducción.


El tipo más común es el cruce de punto único. En el cruce de un solo punto, se elige un lugar en el que se intercambian los alelos restantes de un progenitor al otro. Esto es complejo y se entiende mejor visualmente.



Cruce

Los niños toman una sección del cromosoma de cada padre. El punto en el que se rompe el cromosoma depende del punto de cruce seleccionado al azar. Este método en particular se llama cruce de punto único porque solo existe un punto de cruce. A veces solo se crea al niño 1 o al niño 2, pero a menudo ambas crías son creadas y puestas en la nueva población.

Sin embargo, el cruce no siempre ocurre. A veces, en base a un conjunto de probabilidades, no se produce ningún cruce y los padres se copian directamente a la nueva población. La probabilidad de que ocurra un cruce es generalmente del 60% al 70%.



Mutación.

Después de la selección y el cruce, ahora se tiene una nueva población llena de individuos. Algunos se copian directamente y otros se producen por el cruce. Para asegurar que los individuos no son todos exactamente iguales, se permite una pequeña posibilidad de mutación.

Se hace un bucle a través de todos los alelos de todos los individuos, y si ese alelo es seleccionado para la mutación, puede cambiarlo por una pequeña cantidad o reemplazarlo con un nuevo valor.



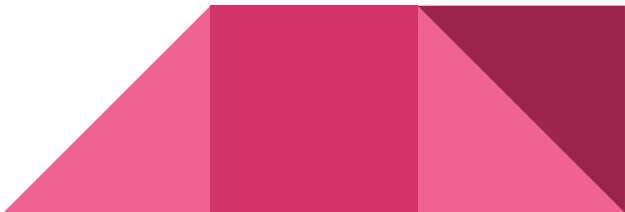
Mutación.

La probabilidad de mutación suele estar entre 1 y 2 décimas de porcentaje. La mutación es bastante simple. Solo tienes que cambiar los alelos seleccionados en función de lo que consideres necesario y seguir adelante. Sin embargo, la mutación es vital para asegurar la diversidad genética en la población.



Terminación.

Este proceso generacional se repite hasta que se alcanza una condición de terminación. Las condiciones comunes de terminación son:

- Se encuentra una solución que satisface los criterios mínimos
 - Número fijo de generaciones alcanzadas.
 - Se ha alcanzado el presupuesto asignado.
 - La solución de mayor rango del módulo fitness es alcanzar o ha alcanzado un nivel tal que las iteraciones sucesivas ya no producen mejores resultados.
 - Inspección manual.
 - Cualquier combinación de las anteriores.
- 



Búsqueda

Búsqueda.

Básicamente cuando hablamos de modelos de optimización, estos se pueden clasificar en base a:

Cómo se realiza la búsqueda:

- **Blind Search:** consiste en realizar una búsqueda exhaustiva de todas las opciones posibles, sin tener en cuenta qué resultado hemos tenido previamente.
- **Guided Search:** consiste en utilizar los resultados pasados para guiar al modelo en la búsqueda del óptimo. Asimismo, existen dos tipos de modelos de búsqueda guiada:
 - **Single State Search:** utiliza valores similares a la primera solución para encontrar el resultado. En casos de poca complejidad (pocos mínimos locales) esta función converge (encuentra el resultado) bastante rápido.
 - **Population Based Search:** se usa una población de soluciones sobre las que ir mejorando. De esta forma, aunque se tarde más en converger, funciona mejor que los modelos de búsqueda guiada local en los problemas de alta complejidad.

Búsqueda.

Si la búsqueda es estocástica o determinista.

Las búsquedas estocásticas se realizan de forma estocástica (aleatoria), por lo que al ejecutar el proceso dos veces sobre los mismos datos puede devolver resultados diferentes. Sin embargo, los modelos deterministas siempre devolverán el mismo resultado.



Búsqueda.

	Deterministic	Stochastic
Blind Search	Blind Search Grid Search	Monte Carlo
Single-State Search	Tabu Search Hill Climbing	Simulated Annealing
Population Based Search		Genetic Algorithm Genetic Programming Differential Evolution Particle Swarm Estimation of Distribution

Proceso básico de un Algoritmo Genético

Algoritmos Genéticos.

Cada candidato a solución, en los algoritmos genéticos recibe el nombre de individuo.

Por su parte, el genotipo, genoma o cromosoma denota la estructura de datos presente en un individuo.

Un gen es una posición dentro de dicha estructura de datos y, el dato concreto, recibe el nombre de alelo.

Así pues, partimos de una serie de individuos, cada uno con unos alelos (datos) diferentes.



Algoritmos Genéticos.

No todos los individuos serán igual de buenos a la hora de optimizar nuestro objetivo (al igual que no todos los primeros humanos estaban igual de bien adaptados a su entorno). Por tanto, cada individuo se evalúa con una función, llamada fenotipo o fitness.

Una vez calculado el fitness de cada individuo, se realizará un proceso de selección de individuo.

Nos quedaremos con aquellos individuos que mejor fitness tengan.



Algoritmos Genéticos.

Una vez se haya hecho la selección de individuos, los individuos se juntarán entre ellos para obtener descendencia, es decir, generar nuevos individuos. Este proceso se conoce como breeding (crianza) y la generación de nuevos individuos surge mediante los operadores genéticos, como son el crossover y la mutation.

Por su parte, crossover involucra la combinación de dos individuos, mientras que la mutation implica realizar un cambio sobre un individuo actual.



Algoritmos Genéticos.

La estructura básica de un Algoritmo Genético es la siguiente.

1. El proceso debe iniciarse con una población inicial, que puede ser generada al azar o sembrada por otras heurísticas.
2. Usando la función de evaluación, los padres son seleccionados de esta población para el apareamiento.
3. Se aplican operadores de cruce y mutación a los padres para generar nuevas crías.
4. Estas crías reemplazan a los individuos existentes en la población.
5. Regresar al paso 1.

Así es como los Algoritmos Genéticos imitan realmente la evolución humana.

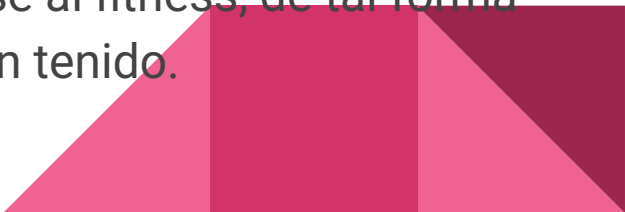


Selección de individuos

Selección de individuos.

- **Método de la ruleta:** consiste en que la probabilidad de breeding sea proporcional al fitness, es decir, que cuanto mejor sea tu fitness, más probable es que seas elegido. La forma de calcular la probabilidad del individuo se da dividiendo su fitness entre la suma total de fitness lograda.

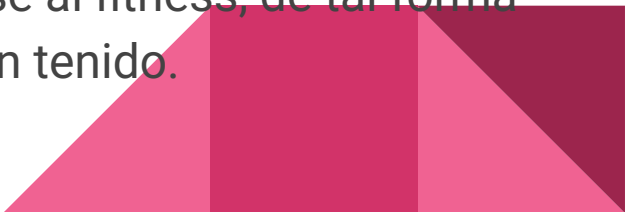
Aunque el método de la ruleta parezca sólido, el problema se da cuando muchos individuos tienen probabilidades parecidas. En estos casos, es posible que no se coja al mejor individuo.

- **Ranking:** Consiste en ordenar a los individuos en base al fitness, de tal forma que se elijan los N individuos que mejor fitness hayan tenido.
- 


Selección de individuos.

- **Método de la ruleta:** consiste en que la probabilidad de breeding sea proporcional al fitness, es decir, que cuanto mejor sea tu fitness, más probable es que seas elegido. La forma de calcular la probabilidad del individuo se da dividiendo su fitness entre la suma total de fitness lograda.

Aunque el método de la ruleta parezca sólido, el problema se da cuando muchos individuos tienen probabilidades parecidas. En estos casos, es posible que no se coja al mejor individuo.

- **Ranking:** Consiste en ordenar a los individuos en base al fitness, de tal forma que se elijan los N individuos que mejor fitness hayan tenido.
- 

Selección de individuos.

- **Selección de estado estacionario:** consiste en eliminar una serie de individuos con mal fitness y que estos sean reemplazados por la crianza a partir de los individuos con mejores fitness.
 - **Selección basada en torneo:** se crean parejas de forma aleatoria y de cada pareja se seleccionará aquel que tenga mejor fitness.
 - **Elitismo:** se basa en realizar reproducciones parciales, es decir, que los individuos con mejor fitness tengan una descendencia que sea exactamente igual que ellos.
- 



Obtención de nuevos individuos

Obtener nuevos individuos mediante crossover

- **Cruce de un punto:** consiste en partir en dos los alelos de los padres. El hijo se llevará la un trozo de los alelos de un padre y el otro trozo del otro padre.
- **Cruce de varios puntos:** sigue la misma idea del punto anterior, solo que ahora los alelos se parten en 3 o más grupos y el hijo se compondrá de combinaciones de dichas partes.



Obtener nuevos individuos mediante crossover

- **Cruce uniforme:** cada alelo se elegirá de uno de los padres de forma aleatoria, creando al hijo como una selección aleatorio de los valores de los padres.
- **Crossover the listas ordenadas:** este sistema de crossover se utiliza cuando no todos los cromosomas son soluciones válidas y básicamente permite añadir una serie de condiciones al crossover.



Obtener nuevos individuos mediante mutación

- **Mutación aleatoria:** consiste en mutar, de forma aleatoria, un alelo (un valor).
- **Shrink:** consiste en sumar un valor aleatorio de una distribución normal (u otro tipo de distribución, como una distribución uniforme), a uno de los valores del individuo.

