

Introducción a los Algoritmos Evolutivos

Caso de estudio: computación paralela

José Orlando Maldonado Bautista

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

11 de octubre de 2021

Contenido

Origen e inspiración

Esquema general

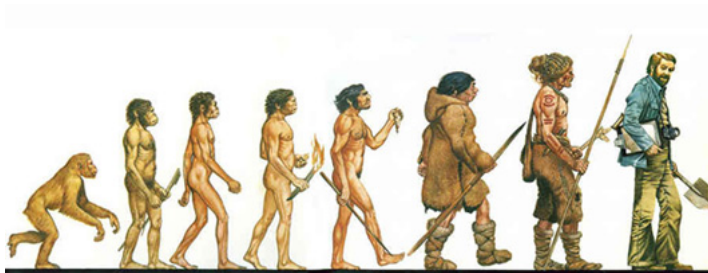
Aplicaciones

Tipos

Algoritmos Genéticos

Origen e inspiración

- ▶ Los Algoritmos evolutivos, constituyen una técnica general de resolución de problemas de búsqueda y optimización. Su forma de procesamiento se ha inspirado en la teoría de evolución de las especies.

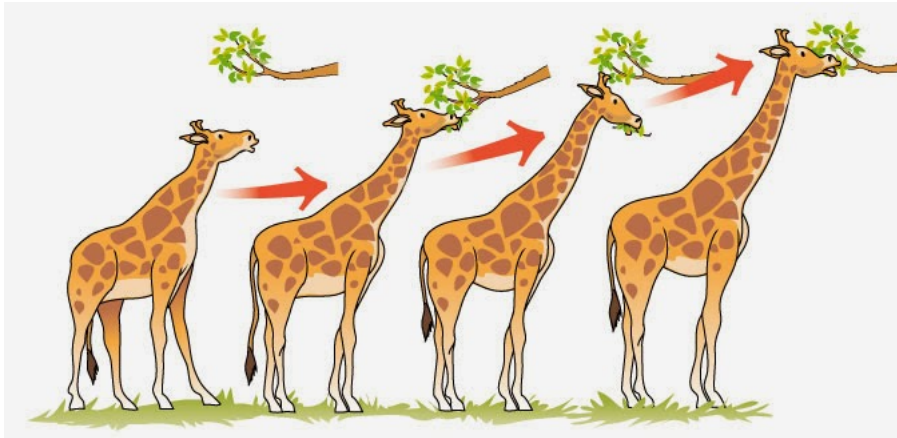


Origen e inspiración

Teorías Evolutivas

Teoría de la adaptación o evolucionismo: Jean-Baptiste de Lamarck (Francia, 1744-1829).

- Primera teoría de la evolución biológica. Proponía la ley de uso y desuso y la herencia de caracteres adquiridos.



Origen e inspiración

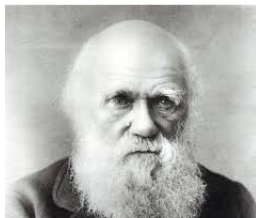
Teorías Evolutivas

El origen de las especies y la selección natural

Charles Robert Darwin (Inglaterra, 1809-1882).

Alfred Russel Wallace (Gales, 1823 - Inglaterra, 1913)

- ▶ El mundo no es estático, sino que está en continua evolución.
- ▶ Las especies cambian continuamente. Con el tiempo unas desaparecen y aparecen otras nuevas.
- ▶ El cambio evolutivo es un proceso gradual, lento y continuo; no se produce por cambios bruscos.
- ▶ Los organismos que presentan semejanzas están emparentados y descienden de un antepasado común.
- ▶ La evolución es el resultado del proceso de selección natural.

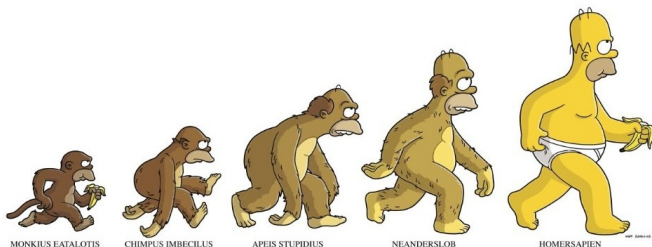


Origen e inspiración

Teorías Evolutivas

Teoría sintética de la evolución

- ▶ Se define a la evolución como como el cambio de la variación genética a través del tiempo.
- ▶ Enriquece la teoría evolutiva con campos de las ciencias como la genética, la paleontología, la sistémica.
- ▶ Se acuñan términos que son usados en los modelos computacionales: Cromosoma, gen, alelo, fenotipo, genotipo, mutación genética, recombinación, etc.



Esquema general

Fundamentos

- ▶ La selección natural favorece la supervivencia y multiplicación de aquellas especies que están mejor adaptadas a las condiciones de su entorno.
- ▶ En la naturaleza los individuos de una población compiten entre sí en la búsqueda de recursos (comida, agua, refugio, etc).
- ▶ Las características físicas de un individuo, su **fenotipo**, son consecuencia de su información genética o **genotipo**: cadenas de **genes** con complejas interacciones, que constituyen las unidades de transferencia de la herencia.
- ▶ Los genes pueden cambiarse puntualmente por **mutaciones**.
- ▶ Los genes de los individuos mejor adaptados se propagarán en sucesivas generaciones.
- ▶ Las poblaciones evolucionan obteniendose individuos con mejor **adaptación**.

Esquema General

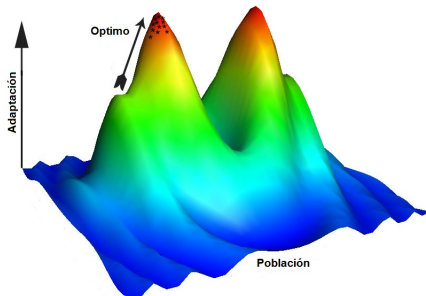
Características

- ▶ Se llama **población** al conjunto de soluciones posibles, con alguna forma de representación. Cada solución se denomina **individuo**.
- ▶ La conformación de la población se va modificando en cada iteración, denominada **generación**.
- ▶ En cada generación se conforma la población con copias de individuos de la generación anterior o con nuevos individuos obtenidos por la aplicación de **operadores genéticos** a los individuos de la población anterior.
- ▶ En cada generación se realiza una **selección** que da mayor probabilidad de permanencia y **reproducción** a los mejores individuos, (máximos o mínimos). El proceso de selección tiene una componente aleatoria que da posibilidad de sobrevivir a todos los individuos, aunque tenga menor probabilidad. Esto permite escapar de óptimos locales y explorar distintas zonas del espacio de búsqueda.

Aplicaciones

Búsqueda y Optimización

- ▶ Problemas surgidos en la industria o en la investigación pueden formularse como una búsqueda o una optimización.
- ▶ Dado un sistema, se busca un conjunto de valores que permitan llevarlo a determinada configuración, o un conjunto de valores que permitan optimizar su comportamiento (rendimiento, calidad, coste, etc).
- ▶ Fortaleza: combinar una búsqueda aleatoria y una búsqueda dirigida por selección.



Tipos de algoritmos evolutivos

- ▶ Los Algoritmos Genéticos.
- ▶ Los Programas de Evolución.
- ▶ Los Algoritmos Genéticos de Codificación Real.
- ▶ La Programación Evolutiva.
- ▶ Programación Genética.
- ▶ Estrategias Evolutivas.
- ▶ Algoritmos Meméticos.

Algoritmos Genéticos

Introducción

- ▶ La primera idea surgió en la tesis de J. D. Bagley: *El funcionamiento de los sistemas adaptables empleando algoritmos genéticos y correlativos*, en 1976.
- ▶ La tesis influyó decisivamente en John Henry Holland (EEUU, 1929), considerado el pionero de los AG. Profesor de Filosofía, de Ingeniería Eléctrica y de Ciencias de la computación en la Universidad de Míchigan. Holland Publicó en 1975 *Adaptation in Natural and Artificial Systems*.



Algoritmos Geneticos

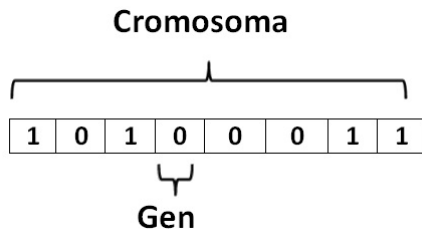
El Algoritmo Genético Simple

```
BEGIN /* Algoritmo Genetico Simple */  
    Generar una poblacion inicial.  
    Computar la funcion de evaluacion de cada individuo.  
    WHILE NOT Terminado DO  
        BEGIN /* Producir nueva generacion */  
            FOR Tamaño poblacion/2 DO  
                BEGIN /*Ciclo Reproductivo */  
                    Seleccionar dos individuos de la anterior generacion,  
                    para el cruce (probabilidad de seleccion proporcional  
                    a la funcion de evaluacion del individuo).  
                    Cruzar con cierta probabilidad los dos  
                    individuos obteniendo dos descendientes.  
                    Mutar los dos descendientes con cierta probabilidad.  
                    Computar la funcion de evaluacion de los dos  
                    descendientes mutados.  
                    Insertar los dos descendientes mutados en la nueva generacion.  
                END  
            IF la poblacion ha convergido THEN  
                Terminado := TRUE  
            END  
        END  
    END
```

Algoritmos Geneticos

Representación

- ▶ Se requieren ciertos parámetros de funcionamiento como el tamaño de la población
- ▶ Establecido el tamaño, se genera (aleatoriamente) una población inicial, dependiendo de la representación elegida para cada individuo.
- ▶ La representación depende del problema a resolver. A menudo cada individuo se representa como un conjunto de parámetros (genes), que agrupados forman una ristra(llamada cromosoma), cuyo alfabeto, en la mayoría de los casos es $\{0, 1\}$.



Algoritmos Geneticos

Genotipo y Fenotipo

- ▶ El conjunto de parámetros representado por un **cromosoma** particular se llama **genotipo**.
- ▶ El genotipo tiene la información requerida para contruir un organismo llamado **fenotipo**.

1	0	1	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

 \Rightarrow 163

Genotipo**Fenotipo**

$$1*2^7+0*2^6+1*2^5+0*2^4+0*2^3+0*2^2+1*2^1+1*2^0=$$

$$128+ \quad 32+ \quad \quad 2+ \quad 1 = 163$$

Algoritmos Geneticos

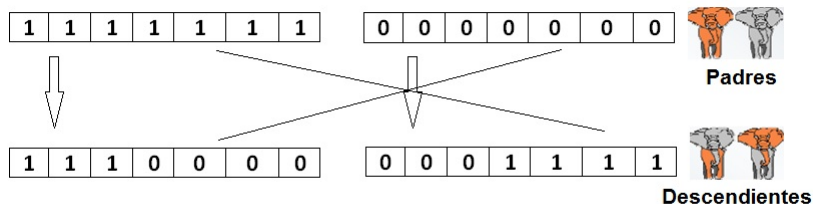
Adaptación y reproducción

- ▶ La función de adaptación debe ser diseñada para cada problema de manera específica.
- ▶ Este es el paso más costoso para una aplicación real.
- ▶ Dado un cromosoma particular, la función de adaptación le asigna un número real, que se supone refleja el nivel de adaptación al problema del individuo representado por el cromosoma.
- ▶ Durante la fase reproductiva se seleccionan los individuos de la población para cruzarse y producir descendientes, que constituirán, una vez mutados, la siguiente generación de individuos.
- ▶ La selección de padres se efectúa al azar usando un procedimiento que favorezca a los individuos mejor adaptados

Algoritmos Geneticos

Operador de Cruce

- El operador de cruce, toma dos padres seleccionados y corta sus ristas de cromosomas en una posición escogida al azar.



Algoritmos Genéticos

Operador de Mutación

- El operador de mutación se aplica a cada hijo de manera individual, y consiste en la alteración aleatoria.

antes

1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---



después

1	1	1	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---



Gen mutado



Algoritmos Geneticos

Ejemplo

- ▶ Ejemplo: encontrar el máximo de la función $f(x) = x^2$ sobre los enteros $\{1, 2, \dots, 32\}$.
- ▶ Codificación binaria: 00000 – 11111. Población inicial: 4 individuos

	Población inicial (fenotipos)	x valor genotipo	$f(x)$ valor (función adaptación)	$f(x)/\sum f(x)$ (probabilidad selección)	Probabilidad de selección acumulada
1	01101	13	169	0.14	0.14
2	11000	24	576	0.49	0.63
3	01000	8	64	0.06	0.69
4	10011	19	361	0.31	1.00
Suma			1170		
Media			293		
Mejor			576		

Algoritmos Geneticos

Ejemplo

- ▶ Los individuos seleccionados para el cruce han sido: el individuo 2 junto con el individuo 4, así como el individuo 1 junto con el individuo 2.
- ▶ Escogemos al azar los puntos de cruce que resultan ser 2 y 3.
- ▶ En este caso suponemos que el único bit mutado corresponde al primer gen del tercer individuo

Emparejamiento de los individuos seleccionados	Punto de cruce	Descendientes	Nueva población descendientes mutados	x valor genotipo	$f(x)$ función adaptación
11000	2	11011	11011	27	729
10011	2	10000	10000	16	256
01101	3	01100	11100	28	784
11000	3	11101	11101	29	841
Suma					2610
Media					652.5
Mejor					841