

ALGORITMOS GENETICOS*

JUAN ANDRES ALVAREZ V.
SANDRA VICTORIA HURTADO G.
HENRY TRUJILLO M.

Estudiantes de 9o. Semestre de Ingeniería de Sistemas ICESI

I. INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se presenta el resultado final del proyecto de Investigación sobre Algoritmos Genéticos que se desarrolló con la asesoría del profesor Luis Eduardo Múnera.

A medida que los computadores evolucionan, aumenta su capacidad para resolver problemas cada vez más complejos. En muchos campos han superado a los seres humanos, por ejemplo, la rapidez con la que realizan cálculos matemáticos.

Sin embargo, existen muchos otros aspectos en los cuales los seres vivos dejan atrás a cualquier programa. Uno de éstos es la capacidad de adaptarse a nuevos ambientes o situaciones de cualquier tipo y superar los problemas que se presentan.

¿Cómo logran esto los seres vivos? Si se conoce la respuesta es posible tratar de aplicarla a un programa o algoritmo; esto es lo que efectivamente ocurrió.

La respuesta fue dada por Charles Darwin y su teoría evolutiva: los organismos sobreviven gracias a la selección natural. Por este principio, los individuos con mayores ventajas frente al ambiente sobreviven y tienen descendencia con esas o mejores ventajas.

Ahora surge la pregunta: ¿Cómo llevar unos principios biológicos y genéticos a un algoritmo para poder "imitar" el comportamiento de los seres vivos? La respuesta son los algoritmos genéticos.

Las ventajas de los algoritmos genéticos radican no sólo en su capaci-

* Las personas interesadas en adquirir el disquete de este programa favor consignar \$4.000 en la cuenta 0026 04536 9 Ahorramás - Cosmocentro Cali, y enviar recibo o colocar Fax al No. 555 2345, Oficina de Investigaciones ICESI y les haremos llegar por Servientrega a la dirección indicada.

dad de adaptación sino en la robustez que presentan, es decir, el balance entre eficiencia y eficacia necesario para sobrevivir en diferentes ambientes.

En el siguiente párrafo se dará una breve introducción a los algoritmos genéticos, mostrando sus principales conceptos.

II. ALGORITMOS GENÉTICOS: CONCEPTOS Y FUNDAMENTOS

-¿Qué son los algoritmos genéticos?

Los **algoritmos genéticos** son algoritmos inspirados en la selección natural que han logrado semejar todo el proceso evolutivo de los organismos vivos para resolver problemas de optimización, búsqueda y aprendizaje en las máquinas.

La teoría de los algoritmos genéticos fue desarrollada por John H. Holland, sus colegas y sus estudiantes en la Universidad de Michigan, en un proyecto que buscaba explicar el proceso de adaptación natural de los sistemas y diseñar sistemas artificiales que conservaran los más importantes mecanismos de los sistemas naturales. De este proyecto salió el término **Algoritmo Genético Simple** (GAS - Genetic Simple Algorithm) o Algoritmo Genético Clásico.

Como los algoritmos genéticos se encuentran basados en los procesos de evolución de los seres vivos, casi todos sus conceptos se basan en conceptos de biología y genética que son fáciles de comprender, por esta razón en muchas ocasiones se realiza una similitud entre la biología y los algoritmos genéticos.

Las características de los seres vivos se encuentran registradas en los cromosomas y los genes, lo que hace que cada individuo sea diferente dentro de una población.

En algoritmos genéticos los **cromosomas** se representan mediante

cadena (strings) y cada posición de la cadena representa un **gen**.

El primer paso al desarrollar un algoritmo genético es, entonces, codificar el parámetro deseado como una cadena y usando un **alfabeto**. Por ejemplo, si buscamos codificar la posición de un interruptor (encendido-apagado) podríamos utilizar una cadena de una sola posición y que tomaría dos valores: uno para indicar encendido y otro para indicar apagado. Si utilizamos los valores 0 y 1 estaríamos usando un alfabeto binario.

0: apagado

1: encendido

La **longitud** de un cromosoma está determinada por el número de genes que lo conforman.

Si, por ejemplo, queremos codificar el número 5 usando el alfabeto binario es posible hacerlo utilizando una cadena de longitud 3: 101, una cadena de longitud 4: 0101, etc.

El valor que pueda tomar cada gen se conoce como **alelo**. Si utiliza el alfabeto binario cada gen sólo podrá tomar dos valores, uno o cero.

El conjunto ordenado de genes de un cromosoma se conoce como **genotipo** y representa las características del individuo. Por ejemplo, en el cromosoma 10010, el genotipo es {1,0,0,1,0}.

Las características de un individuo vienen condicionadas por su genotipo y se manifiestan a nivel externo. Así, de acuerdo con los valores que tengan los genes de una persona podremos decir que es alta o baja, de ojos azules o verdes, de cabello liso o rizado, etc. Esto se denomina **fenotipo**, y en los algoritmos genéticos corresponde a la decodificación de un cromosoma. Continuando con el ejemplo, el fenotipo para el cromosoma 10010 será su representación en decimal (18).

En los sistemas naturales, un **individuo** es un ser que caracteriza su propia especie. En los algoritmos genéticos un individuo es un solo cromosoma, que en conjunto forman una **población** de cromosomas.

Cuando nos enfrentamos a un problema con los métodos tradicionales es necesario manipular mucha información adicional para trabajar apropiadamente, pues además de los parámetros y la función que deseamos optimizar es necesario utilizar técnicas y métodos adicionales para conseguir la resolución al problema planteado. Por ejemplo, para obtener el máximo para una función polinómica sería necesario conocer el dominio de la función y, probar todos los puntos del dominio en la función y obtener de ellos el que dé mayor resultado o calcular el máximo utilizando métodos analíticos (derivadas). Para resolver este mismo problema utilizando algoritmos genéticos lo único que debemos saber es la codificación de los parámetros en un cromosoma y la función que queremos optimizar.

Cada cromosoma es una solución, buena o mala, del problema. A medida que el algoritmo genético se va desarrollando las soluciones se acercan cada vez más a la óptima.

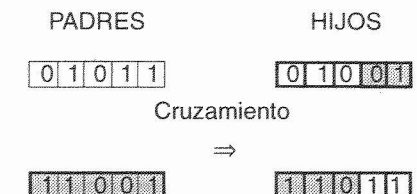
En los sistemas naturales, los individuos se encuentran sujetos a las condiciones que los rodean y de acuerdo con su adaptación al mismo se determina su sobrevivencia, de manera que los "mejores" individuos sobreviven y tienen descendencia.

En los algoritmos genéticos, a cada cromosoma se le asigna un valor determinado como una medida de qué tan buena es la solución, y este valor se denomina **fitness**. Este valor se obtiene evaluando cada cromosoma por medio de una función llamada **función objetivo**.

Simulando los sistemas de selección natural a los que se encuentran sometidos los organismos vivos, los algoritmos genéticos utilizan tres operadores básicos para solucionar el problema.

De acuerdo con un procedimiento probabilístico, los cromosomas con altos valores de su función objetivo son escogidos para contribuir con uno o más descendientes en la siguiente generación. A este procedimiento se le denomina **Selección**.

El procedimiento requerido para producir cromosomas hijos se llama **Cruzamiento** y consiste en la mezcla y recombinación de los genes de dos cromosomas, que han sido previamente seleccionados de la generación anterior. Para cruzar estos cromosomas se escoge la posición de cruce entre 1 y la longitud del cromosoma, y se producen dos cromosomas hijos con características de ambos padres. Por ejemplo:



En este caso la posición de cruce fue 3

El procedimiento necesita de ampliar su espacio de búsqueda, para ello utiliza la **Mutación**, que proporciona alteraciones ocasionales del cromosoma, con el fin de evitar poblaciones monótonas. En el caso de utilizar un alfabeto binario realizar una mutación consistirá en cambiar un 1 por un 0 o viceversa.

-¿Cómo funcionan los algoritmos genéticos?

Lo primero que debemos hacer es determinar cómo representar los parámetros del problema en un cromosoma y determinar la función objetivo para evaluar el desempeño de los individuos.

También se deben asignar las probabilidades de cruzamiento y mutación adecuadas para el problema, y seguir los pasos que se describen a continuación:

1. Se crea una población inicial aleatoria y se evalúa cada cromosoma de acuerdo con la función objetivo.
2. Se seleccionan los cromosomas con mejor valor fitness para ser reproducidos.
3. De los cromosomas seleccionados se escogen pares al azar para ser cruzados. Los cromosomas hijos forman la nueva generación.
4. Ocasionalmente se muta algún gen de acuerdo con la probabilidad de mutación.
5. Se repite el proceso de selección, cruzamiento y mutación de generación en generación hasta que se complete el número máximo de generaciones establecido, o se alcanza una solución suficientemente buena.

—¿Ventajas de los algoritmos genéticos?

- Los algoritmos genéticos difieren en muchas formas de los algoritmos tradicionales, especialmente en los procedimientos de búsqueda y optimización.
- Los algoritmos genéticos trabajan con un conjunto codificado de los parámetros originales y no con los parámetros mismos, lo cual simplifica su manejo.
- Exploran un gran espacio de soluciones, ya que funcionan con una población de cromosomas que por sus diversas características abarcan distintas soluciones al mismo tiempo, y además, por efectos del cruzamiento amplían mucho más el espacio de búsqueda. Por el contrario, los algoritmos tradicionales manipulan un solo punto de búsqueda.

- Usan la información que les proporciona la función objetivo y no requieren de otros métodos o conocimientos auxiliares. Esta característica hace que se puedan adaptar más fácilmente a los diferentes problemas.
- Usan reglas de transición probabilísticas como una herramienta para distribuir mejor los puntos de búsqueda.

III. DEMO ALGORITMOS GENÉTICOS (V 1.0 MANUAL BÁSICO)

0. Introducción

En este manual para usuarios finales se muestra el funcionamiento básico del programa Tutorial sobre Algoritmos Genéticos Simples (DEMO-AG). Este programa busca mostrar de una manera general y sencilla los principales conceptos de los Algoritmos Genéticos.

El programa Demo Algoritmos Genéticos v 1.0 fue escrito por Juan Andrés Alvarez, Sandra Victoria Hurtado y Henry Trujillo, utilizando Visual Basic, versión 3.0 standard.

Para correr el programa es necesario tener Windows 3.1 o superior. Además se debe tener una resolución de 800x600, letra pequeña. Se puede correr con 16 colores, pero se recomienda que sean 256 colores.

1. Cómo empezar

El programa puede correrse desde DOS (en el directorio donde se encuentre el programa) con el comando:

demo -ag <enter>. (Esto iniciará Windows automáticamente).

También puede correrse desde Windows dando doble click con el mouse

en el ícono Demo Algoritmos Genéticos



DEMO
Algoritmos
Genéticos

En la primera ventana se mostrarán dos botones, para empezar el programa seleccione el botón Inicio:

Inicio

También puede presionar las teclas: **ALT-I**

Una vez ha comenzado el programa, podrá navegar a través de las pantallas o ventanas con los botones que se encuentran en la parte inferior de la ventana.

2. Botones y comandos

En la mayoría de las ventanas se tendrán disponibles botones en la parte inferior, cuya función se explicará a continuación:

< Anterior

Este botón permite ir a la ventana anterior. La misma función se puede obtener presionando las teclas: **ALT - A**

Siguiente >

Seleccionando este botón se irá a la siguiente ventana. También se puede hacer presionando: **ALT - I**

Salir

Al seleccionar este botón o presionar **ALT - S** se terminará la ejecución del programa (ver Salir).

Regresar

Este botón indica que la ventana actual depende de otra principal.

Haciendo click en este botón o presionando las teclas **ALT - R** se regresará a la ventana desde la cual se llamó a la ventana actual.

En algunas de las ventanas se encontrará además con otros botones que sirven para diferentes propósitos, por ejemplo:

X

Cruzar ->

y otros. ¡Puede hacer click en ellos y averiguar qué sucede!

3. Ventanas acerca de...

En muchas pantallas se encontrará con palabras en color rojo (donde además cambia la forma del cursor, al pasar el mouse sobre ellas), al hacer click sobre ellas con el mouse aparecerá una ventana *Acerca de...* donde se dará información adicional relacionada con la palabra seleccionada.

Acerca de...

John H. Holland

Estudió en el Instituto Tecnológico de Massachusetts en 1950. Ha estado investigando la teoría y la práctica de la evolución algorítmica durante 40 años. Es profesor de Psicología, Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación en la Universidad de Michigan.

OK.

Una vez haya terminado de leer la información que se da en esta ventana, puede volver a la pantalla normal presionando el botón **OK** (o digitando **ALT-0**).

4. Ejemplo

Presionando el botón **Ejemplo** que aparece en una de las pantallas se podrá observar una aplicación práctica de un algoritmo genético. En esta sección se podrá navegar como en las demás pantallas con los botones que aparecen en la parte inferior derecha.

En las últimas pantallas de esta sección se tendrán dos botones adicionales cuya función se explica a continuación:

Estadísticas

Al presionar este botón se mostrará una ventana con las estadísticas de la población mostrada. Para salir de esta ventana seleccione el botón **OK**.

Comentario

Al hacer click sobre este botón aparecerá una ventana con comentarios acerca de la generación que se muestra en la pantalla. Para eliminar esta ventana haga click sobre un lugar no escrito de la pantalla principal.

IDEA:

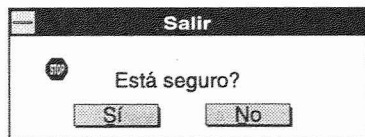
En la pantalla donde se muestra la generación 1 es posible ver resaltados los padres de un cromosoma de esta generación simplemente pasando el mouse sobre él.

Al llegar a la última pantalla de esta sección se podrá presionar el botón **Retornar** para volver a la pantalla desde donde se inició el ejemplo y continuar desde allí.

5. Salir

En cualquier momento es posible finalizar la ejecución del programa al presionar el botón **Salir** o digitar **ALT - S**.

En este caso se mostrará una ventana para confirmar que desea terminar el programa



Puede seleccionar salir (botón **SI** o **ALT - S**) o retornar al programa y continuar normalmente (botón **NO** o **ALT - N**).

6. Realizadores

Si desea información acerca de los creadores del programa Demo Algoritmos Genéticos puede hacer click sobre el dibujo que se muestra en la parte inferior izquierda de todas las pantallas.

IV. CONCLUSIONES

- Los algoritmos genéticos presentan importantes ventajas sobre los algoritmos tradicionales, como son: su capacidad para trabajar con varios puntos simultáneamente abarcando así un espacio mucho mayor de búsqueda ("paralelismo"), su simplicidad (ya que no requieren manipular directamente los parámetros del problema) y su facilidad para adaptarse a muy diferentes tipos de problemas.
- Los algoritmos genéticos presentan algunas desventajas como: la dificultad para encontrar una representación apropiada de los parámetros del problema o para hallar una función objetivo adecuada.
- Los algoritmos genéticos no aseguran encontrar la solución óptima, pero en muchos casos pueden proporcionar soluciones bastante adecuadas y que por otros métodos hubiera sido imposible encontrar.
- Es posible modificar algunos de los parámetros iniciales de un algoritmo

genético (como la probabilidad de mutación y de cruce), lo que permite encontrar soluciones más óptimas.

- Los algoritmos genéticos representan, por todas sus características, una opción que debe ser tenida en cuenta cuando se busca resolver un problema con algún grado de complejidad, y en general debería ser un método que pueda ser conocido y aplicado por los estudiantes de Ingeniería de Sistemas del ICESI.

V. BIBLIOGRAFIA

CONA, John. *Developing a Genetic Program System*. En: *AI Expert*. Vol. 10 No. 2 (Feb. de 1995).

GOLBERG, David E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley Publishing Company, inc. 1989.

HEDBERG, Sara Emergin *Genetic Algorithms*. En: *AI Expert*. Vol. 9 No. 9 (Sept. de 1994).

HOLLAND, John. *Algoritmos Genéticos*. En: *Investigación y Ciencia*. No. 192 (Sept. de 1992).

KENNEDY, Scott A. *Five ways to a Smarter Genetic Algorithm*. Vol. 8 No. 12 (Dic. de 1993).

LAWTON, George. *Genetic Algorithms for Schedule Optimization*. En: *AI Expert*. Vol. 7 No. 5 (May. de 1992).

WINSTON, Patrick Henry. *Inteligencia artificial*. 3a. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. 1994.