

INSTITUTO TECNOLOGICO DE NUEVO LAREDO



ING. BRUNO LÓPEZ TAKEYAS

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

ALGORITMOS GENETICOS

GABRIELA MARQUEZ GONZALEZ 99100165

ITZEL MORA GARZA 99100202

LUIS BENITO ORDOÑEZ GOMEZ 99100155

YULIANA RODRÍGUEZ DIAZ 99100394

CLAUDIA VILLARREAL LÓPEZ 99100069

Nuevo Laredo Tam., a 27 de Agosto del 2003

Algoritmos Genéticos

Introducción: Conceptos y Definiciones

Los Algoritmos Genéticos (GA) fueron introducidos por John Holland en 1970 inspirándose en el proceso observado en la evolución natural de los seres vivos.

La evolución tiene lugar en los cromosomas, en donde está codificada la información del ser vivo. La información almacenada en el cromosoma varía de unas generaciones a otras. En el proceso de formación de un nuevo individuo, se combina la información cromosómica de los progenitores aunque la forma exacta en que se realiza es aún desconocida.

Aunque muchos aspectos están todavía por discernir, existen unos principios generales ampliamente aceptados por la comunidad científica. Algunos de estos son:

1. La evolución opera en los cromosomas en lugar de en los individuos a los que representan.
2. La selección natural es el proceso por el que los cromosomas con "buenas estructuras" se reproducen más a menudo que los demás.
3. En el proceso de reproducción tiene lugar la evolución mediante la combinación de los cromosomas de los progenitores. Llamamos Recombinación a este proceso en el que se forma el cromosoma del descendiente. También son de tener en cuenta las mutaciones que pueden alterar dichos códigos.
4. La evolución biológica no tiene memoria en el sentido de que en la formación de los cromosomas únicamente se considera la información del período anterior

En palabras del propio Holland:

"Se pueden encontrar soluciones aproximadas a problemas de gran complejidad computacional mediante un proceso de "evolución simulada",

A tal efecto se introduce una función de evaluación de los cromosomas, que llamaremos calidad ("fitness") y que está basada en la función objetivo del problema. Igualmente se introduce un mecanismo de selección de manera que los cromosomas con mejor evaluación sean escogidos para "reproducirse" mas a menudo que los que la tienen peor.

Los algoritmos desarrollados por Holland inicialmente eran sencillos pero dieron buenos resultados en problemas considerados difíciles. Los algoritmos Genéticos están basados en integrar e implementar eficientemente dos ideas fundamentales:

- ? Las representaciones simples como strings binarios de las soluciones del problema y
- ? La realización de transformaciones simples para modificar y mejorar estas representaciones.

Para llevar a la práctica el esquema anterior y concretarlo en un algoritmo, hay que especificar los siguientes elementos:

? **Una representación cromosómica :**

En los trabajos originales las soluciones se representaban por **strings binarios**, es decir, listas de 1s y 0s. Este tipo de representaciones ha sido ampliamente utilizada incluso en problemas en donde no es muy natural.

? **Una población inicial**

La **población inicial** suele ser generada aleatoriamente. Sin embargo, últimamente se están utilizando métodos heurísticos para generar soluciones iniciales de buena calidad. En este caso, es importante garantizar la diversidad estructural de estas soluciones para tener una "representación" de la mayor parte de población posible o al menos evitar la convergencia prematura.

? **Una medida de evaluación**

Se suele utilizar la calidad como medida de la bondad según el valor de la función objetivo en el que se puede añadir un factor de penalización para controlar la infactibilidad.

? **Un criterio de selección / eliminación de cromosomas**

La selección de los padres viene dada habitualmente mediante probabilidades según su fitness. Uno de los procedimientos más utilizado es el denominado de la ruleta en donde cada individuo tiene una sección circular de una ruleta que es directamente proporcional a su calidad. Para realizar una selección se realizaría un tirada de bola en la ruleta, tomando el individuo asociado a la casilla donde cayo la bola.

? **Una o varias operaciones de recombinación:**

Los Operadores de Cruzamiento mas utilizados son:

- De un punto: Se elige aleatoriamente un punto de ruptura en los padres y se intercambian sus bits.
- De dos puntos: Se eligen dos puntos de ruptura al azar para intercambiar.

? **Una o varias operaciones de mutación**

La operación de **Mutación** más sencilla, y una de la más utilizadas consiste en reemplazar con cierta probabilidad el valor de un bit. Notar que el papel que juega la mutación es el de introducir un factor de diversificación ya que, en ocasiones, la convergencia del procedimiento a buenas soluciones puede ser prematura y quedarse atrapado en óptimos locales. Otra forma obvia de introducir nuevos elementos en una población es recombinar elementos tomados al azar sin considerar su fitness.

Resumen Histórico

El algoritmo genético es una técnica de búsqueda basada en la teoría de la evolución de Darwin, de acuerdo a la cual los individuos más aptos de una población son los que sobreviven, al adaptarse más fácilmente a los cambios que se producen en su entorno. Hoy en día, se sabe que estos cambios se efectúan en los genes del individuo y que sus atributos más deseables se transmiten a sus descendientes cuando éste se reproduce sexualmente.

Los algoritmos genéticos forman parte de lo que hoy se conoce como la Computación Evolutiva. Lo que la Computación Evolutiva nos indica es que los conocimientos sobre evolución se pueden aplicar en la resolución de problemas de optimización. Fue en las décadas de 1950 y 1960 cuando varios científicos, de manera independiente, comenzaron a estudiar los sistemas evolutivos, guiados por la intuición de que podrían emplear como herramienta en problemas de optimización en ingeniería. La idea era "evolucionar" una población de candidatos a ser solución de un problema conocido, utilizando operadores inspirados en la selección natural y la variación de la genética natural. Todo esto provenía de su manera de pensar a cerca de que existía una analogía en la manera de resolver problemas y la forma del comportamiento humano: En la naturaleza, los individuos de una población compiten entre sí en la búsqueda de recursos tales como comida, agua y refugio. Incluso los miembros de una misma especie compiten a menudo en la búsqueda de un compañero. Aquellos individuos que tienen más éxito en sobrevivir y en atraer compañeros tienen mayor posibilidad de generar un gran número de descendientes. Por el contrario, los individuos poco dotados producirán menor número de descendientes. Esto significa que los genes de los individuos mejor adaptados se propagaran en sucesivas generaciones hacia un número de individuos creciente. La combinación de buenas características provenientes de diferentes ancestros, puede a veces producir descendientes "súper individuos", cuya adaptación es mucho mayor que la de cualquiera de sus ancestros. De esta manera, las especies evolucionan logrando unas características cada vez mejor adaptadas al entorno en el que viven. La analogía viene de que en los Algoritmos Genéticos también se trabaja con una población de individuos, cada uno de los

cuales representa una solución factible a un problema dado y son esas poblaciones las que se irán evolucionando hasta llegar a la mejor solución.

La primera mención del término Algoritmos Genéticos, y la primera publicación sobre una aplicación del mismo, se deben a Bargley en 1967, que diseñó un Algoritmo Genético para buscar parámetros que evaluaran juegos. Pero es otro científico el considerado como creador de los Algoritmos Genéticos: John Holland, que los desarrolló junto a sus alumnos y colegas durante 1960 y 1970. El propósito de Holland era el de estudiar de un modo formal, el fenómeno de la adaptación tal y como ocurre en la naturaleza y desarrollar vías de extrapolar esos mecanismos de adaptación natural a los sistemas computacionales. Él se preguntaba cómo lograba la naturaleza crear seres cada vez más "perfectos", lo curioso era que todo se llevaba a cabo a base de interacciones locales entre individuos y entre estos y lo que les rodea. Fue a principios de los 60, en la Universidad de Michigan, donde Holland impartía un curso titulado Teoría de Sistemas Adaptativos y con la participación de sus alumnos fue donde se crearon las ideas que más tarde se convertirían en los algoritmos genéticos. Holland para esto tenía dos objetivos de investigación:

- ? Imitar los procesos adaptativos de los sistemas naturales
- ? Diseñar sistemas artificiales (normalmente programas) que retuvieran los mecanismos importantes de los sistemas naturales.

Y así, con estos estudios, Holland y sus alumnos convirtieron a los Algoritmos Genéticos en un campo de investigación muy amplio e interesante.

El nombre de Algoritmos Genéticos se deriva de que están basados en modelos de cambio genético en una población de individuos, o sea en:

- ? Noción Darwiniana.
- ? Apareamiento que produce descendientes en generaciones futuras.
- ? Operadores genéticos que determinan la configuración genética de los descendientes.

Relación de conceptos biológicos con los Algoritmos Genéticos

La terminología utilizada en los Algoritmos Genéticos es similar a la utilizada en Biología, pero aplicada a la resolución de problemas.

Concepto	Significado biológico	Significado para AG's
Cromosomas	Tienen la función de ser una especie de anteproyectos del organismo del que forman parte.	Se refiere a un candidato a solución del problema.
Genes	Bloques funcionales de ADN que codifican una proteína. Determinan los rasgos del individuo.	Son un bit como bloques cortos de bits adyacentes que codifican un elemento particular del candidato a solución.
Alelos	Diferentes posibilidades de escoger un rasgo.	En una cadena de bits será un 0 o 1.
Genotipo	Conjunto de genes contenido en un genoma (colección completa del material genético).	Configuración de bits del cromosoma de ese individuo.
Fenotipo	Características físicas y mentales de cada individuo	No aparece en los AG's.
Cruce	Consiste en un intercambio de manera genética entre dos cromosomas de 2 padres.	Intercambio de bits (genes) entre dos cromosomas.
Mutación	Cambia un gen de un individuo para bien o para mal.	Es una permutación en un bit en un lugar aleatorio.

Podemos considerar que los Algoritmos Genéticos tienen al menos, los siguientes elementos en común: poblaciones de cromosomas, selección en base a su capacidad, cruces para producir descendencia nueva, y mutación aleatoria de la nueva descendencia.

La forma más simple de algoritmo genético utiliza tres tipos de operadores:

1. *Selección o reproducción*. Este operador escoge cromosomas entre la población para efectuar la reproducción.
2. *Cruce*. Se trata de un operador cuya labor es elegir un lugar, y cambiar las secuencias antes y después de esa posición entre dos cromosomas, para crear nueva descendencia.
3. *Mutación*. Este operador produce variaciones de modo aleatorio en un cromosoma. Se puede dar en cada posición de un bit en una cadena, con una probabilidad, normalmente muy pequeña.

Técnicas empleadas en Algoritmos Genéticos

Las técnicas, los parámetros y los tipos de operadores genéticos afectan significativamente el desempeño de un Algoritmo Genético. En general, el AG es extremadamente sensible a la introducción o combinación de las técnicas empleadas. La selección de las técnicas es empírica, sin embargo está relacionada con el tipo de problema.

Las técnicas empleadas son las siguientes:

1. *Técnica de Reproducción*. Determinan el criterio de sustitución de los individuos de una población para la próxima generación. Existen los siguientes métodos:
 - a. Cambio de toda la población.
 - b. Cambio de toda la población con elitismo.
 - c. Cambio parcial de población.
 - d. Cambio parcial de la población sin duplicados.

2. *Técnica de Aptitud*. Se trata de la manera por la cual son atribuidas numéricamente las aptitudes de los cromosomas en una población. El método más simple de atribuir una aptitud a un cromosoma es utilizar al valor numérico del resultado de la evaluación de este cromosoma por la función de evaluación. Sin embargo, existen dos problemas importantes:
 - a. Competición próxima: individuos cuya aptitud relativa son próximas numéricamente.
 - b. Super individuos: individuos con evaluación muy superior a la media, capaces de dominar el proceso de selección.

3. *Técnica de Interpolación de parámetros*. Tiene como objetivo buscar el valor ideal de un determinado parámetro para cada ciclo, durante toda la evolución. Puede ser lineal o adaptativa. En la lineal la tasa o parámetro es variado linealmente entre un valor inicial y final, a través de ajustes fijos, a cada K generaciones; la interpolación adaptativa, es empleada para el ajuste de la tasa de aplicación de los operadores, considerando el desempeño de estos operadores en los ciclos anteriores.

Características de los algoritmos genéticos

- ? Son algoritmos estocásticos. A diferencia de los algoritmos deterministas los cuales sin importar el número de ejecuciones a las que sean sometidos siempre darán el mismo resultado; en los algoritmos estocásticos dos ejecuciones distintas pueden dar dos soluciones distintas.
- ? A diferencia de los algoritmos deterministas, cuya convergencia y resultado final son fuertemente dependientes de la posición inicial, en los algoritmos genéticos la convergencia del algoritmo es poco sensible a la población inicial si esta se escoge de forma aleatoria y es lo suficientemente grande.
- ? La curva de convergencia asociada al algoritmo genético presenta una convergencia excepcionalmente rápida al principio y pronto se bloquea. Esto se debe a que el algoritmo genético es excelente descartando subespacios realmente malos. Cada cierto tiempo, la población da un "salto evolutivo" que produce un incremento en la velocidad de convergencia, la razón de esto es que algunas veces aparece una mutación altamente beneficiosa, o un individuo excepcional, que propaga algún conjunto de cromosomas excepcional al resto de la población.
- ? La optimización esta en función de la representación de los datos. Este es el concepto clave dentro de los algoritmos genéticos, ya que una buena codificación puede hacer la programación y la resolución muy sencillas. La velocidad de convergencia va a estar fuertemente influenciada por la representación.
- ? Eliminan uno de los mayores obstáculos que entorpecen el diseño clásico de programas, que es la necesidad de la especificación por adelantado de todas las características y peculiaridades de un problema y de las acciones requeridas para atenderlas.
- ? Es una búsqueda paraméricamente robusta. Esto se refiere a que no podemos realizar comparativas buscando los "números mágicos" para que nuestro algoritmo converja. Por ello necesitamos un algoritmo en el cual podamos equivocarnos en los parámetros de partida, y estos son los algoritmos genéticos.
- ? Los algoritmos genéticos son intrínsecamente paralelos. Esto significa que N puntos diferentes del espacio de búsqueda son evaluados en cada ciclo.
- ? Muchos algoritmos están diseñados para el caso en que los coeficientes que intervienen en el problema permanezcan fijos, si los valores para el cálculo y las condiciones de entorno cambian durante el proceso, el método empleado debe suspenderse y reiniciarse nuevamente. Los algoritmos

genéticos, sin embargo, reorientan su propio diseño automáticamente al nuevo objetivo, y continúan el proceso de convergencia hacia el óptimo dictado por las nuevas condiciones.

- ? Debe definirse una "función de aptitud" para evaluar a los individuos. Como en el proceso evolutivo empleado por la naturaleza todos los individuos contemporáneos de una población son sometidos a la función de evaluación del entorno (medio ambiente, depredadores, etc.) de los cuales sobrevivirán solo los que se adapten más fácilmente a su entorno. De esta forma es como se puede detectar que tan buena o mala es una solución.
- ? Se utilizan comúnmente en problemas de optimización.

Pasos elementales para ejecutar un algoritmo genético

1. Problema a ser optimizado.
2. Representación de soluciones del problema.
3. Decodificación del cromosoma.
4. Evaluación.
5. Selección.
6. Operadores genéticos.
7. Inicialización de la población

A continuación se describen brevemente cada uno de los componentes anteriormente expuestos.

1. Problema a ser optimizado

Los algoritmos genéticos son particularmente aplicados en problemas complejos de optimización:

- ? Problemas con diversos parámetros o características que precisan ser combinadas en busca de la mejor solución.
- ? Problemas con muchas restricciones o condiciones que no pueden ser representadas matemáticamente.
- ? Problemas con grandes espacios de búsqueda.

2. Representación

La representación de las posibles soluciones del espacio de búsqueda de un problema define la estructura del cromosoma que va a ser manipulado por el algoritmo. Normalmente, la representación binaria es la más empleada por ser más simple, fácil de manipular a través de los operadores genéticos, fácil de ser transformada en entero o real y además, por facilitar la demostración de los teoremas.

3. Decodificación

La decodificación del cromosoma consiste básicamente en la construcción de la solución real del problema. El proceso de decodificación construye la solución para que esta sea evaluada por el problema. La ventaja de la representación binaria es la facilidad para ser transformada en entera o real.

4. Evaluación

Es la unión entre el algoritmo genético y el mundo externo. La evaluación se realiza a través de una función que representa de forma adecuada el problema y tiene como objetivo suministrar una medida de aptitud de cada individuo en la población actual. La función de evaluación es para un algoritmo genético lo que el medio ambiente es para los seres humanos. Las funciones de evaluación son específicas de cada problema.

5. Selección

El proceso de selección en los algoritmos genéticos selecciona individuos para la reproducción. La selección esta basada en la aptitud de los individuos: individuos mas aptos tienen mayor probabilidad de ser escogidos para la reproducción.

6. Operadores Genéticos

Los individuos seleccionados (y reproducidos en la siguiente población) son recombinados sexualmente a través del operador crossover. El operador de crossover es considerado la característica fundamental de los algoritmos genéticos. Los pares de progenitores son escogidos aleatoriamente y nuevos individuos son criados a partir del intercambio del material genético. Los descendientes serán diferentes de sus padres, pero con características genéticas de ambos progenitores.

7. Inicialización de la población

La inicialización de la población determina el proceso de creación de los individuos para el primer ciclo del algoritmo. Normalmente, la población inicial se forma a partir de individuos creados aleatoriamente.

Aplicación de los algoritmos genéticos

Problemas de optimización tales como:

- ? Optimización de funciones matemáticas.
- ? Optimización combinatoria.
- ? Optimización de planeamiento.
- ? Problema del cajero viajante.
- ? Problema de optimización de rutas de vehículos.
- ? Optimización de layout de circuitos.
- ? Optimización de distribución.
- ? Optimización de negocios.
- ? Síntesis de circuitos electrónicos.

Problemas complejos:

- ? Problemas con diversos parámetros o características que precisan ser combinadas en busca de la mejor solución.
- ? Problemas con muchas restricciones o condiciones que no pueden ser representadas matemáticamente.
- ? Problemas con grandes espacios de búsqueda.

Aprendizaje automático (Sistemas Expertos)

- ? Medicina.
- ? Geología.
- ? Química.
- ? Ingeniería.
- ? Abogacía.
- ? Actividades administrativas.
- ? Actividades Financiera.
- ? Actividades Contables.

Reconocimiento de formas

Este campo es algo difícil y complicado para la computadora.

Telecomunicaciones

En las telecomunicaciones tenemos un ámbito mas sofisticado en el que también son aplicables, cuando enviamos información de un continente a otro utilizamos satélites que funcionan como espejos. Esto es así porque las señales de alta frecuencia atraviesan la ionosfera y hay que reflejarlas. Poner un satélite en orbita es muy costoso, por lo que es importante optimizar el uso de los canales de comunicación. Si se quiere hacer un uso eficiente de estos, se debe enviar información y no solamente datos. Aunque en realidad se mandan los dos, se busca que los últimos vayan plenos de información. La comprensión de datos se puede realizar con los algoritmos genéticos, ya que estos aprenden la estructura de los mensajes y permiten transmitir mas información por el mismo canal.