

Algoritmos Genéticos: Evolución, Genética y Computación

Autores: MSc. Ing Mirtha Irizar Mesa
Ing. Vladimir López Romeo
Ing. Michel Hernández Solana
ISPJAE

Introducción

En el Siglo XIX, el naturalista británico Charles Darwin introdujo una de las ideas que revolucionaría la forma de entender el mundo que nos rodea: la teoría de la evolución de las especies. En ella afirmaba que las especies naturales evolucionan para adaptarse al medio que las rodea, con el criterio de que aquellos individuos que mejor se adapten al entorno tendrán mayor probabilidad de sobrevivir hasta la edad adulta y procrear.

Evaluar esta adaptación no es sencillo, pues el entorno se modifica constantemente, por lo que nunca se llegará al individuo perfecto, sino que la naturaleza tenderá a optimizar los seres de cada especie de acuerdo con la circunstancia. Para ello realiza muchas pruebas y sacrifica aquellas que en un momento dado se adapten menos al entorno, lo que les da mayor capacidad de supervivencia a las que muestran una mayor adaptación.

Lo anterior no debe verse como un proceso determinista, sino como una fuerte componente estocástica. Dicho de otro modo, si un individuo se adapta al entorno, se puede suponer que éste tendrá mayor probabilidad de conservar sus genes en la siguiente generación que sus congéneres. Pero ello es sólo una probabilidad, no un hecho seguro. Siempre cabe la posibilidad de que a pesar de estar muy dotado, por alguna razón, no consiga procrear. Lo que sí podemos afirmar es que la especie, como conjunto, se adaptará al medio.

Es posible preguntarnos: ¿Es capaz la Naturaleza de hacer óptimas las características de un individuo perfeccionando sus genes para adaptarse mejor al entorno? ¿Por qué no podemos crear una población digital que se optimice para adaptarse mejor a una función idónea que nos planteemos?

Ante esto, lo primero que se puede pensar es que hay que tratar de copiar la Naturaleza con el objetivo de dar una resolución a aquellos problemas para los que no se pueda encontrar soluciones o que éstas no sean lo suficientemente satisfactorias. Por tanto, el objetivo es emular el comportamiento de la naturaleza. Se quiere que aquello que sea favorable para la supervivencia de la población sea asumido por esta, mientras que todo lo que represente debilidad sea descartado.

Los primeros estudios dentro del área fueron desarrollados por John Holland [1] en la Universidad de Michigan durante los años 70, con el fin de abstraer y explicar los procesos de adaptación en sistemas naturales, así como diseñar un sistema artificial que por medio de *softwares* emulara con los mecanismos de los sistemas naturales. Esta técnica se hizo popular bajo el nombre de "algoritmos genéticos" tras la publicación de su libro en 1975. A partir de ese momento surge un importante grupo de investigadores que se dedicó a lo que hoy día constituye el campo de desarrollo y aplicación de los algoritmos genéticos.

Como su nombre indica, los algoritmos genéticos se comportan de forma semejante a la genética biológica. Estos codifican la información de la misma forma en que los organismos vivos lo hacen con sus genes. Como primera medida se genera una población de individuos totalmente aleatoria y se evalúa de acuerdo con un criterio que indique lo cerca que se hallan estos individuos de la solución del problema que se quiere resolver. Lógicamente, de esta forma no se consigue una solución mínima aceptable. La segunda medida a adoptar será crear un procedimiento que seleccione las características

más ventajosas de la población, es decir, los mejores individuos serán los padres de la siguiente generación, cuya función consistirá en generar una nueva población que herede lo mejor de sus ascendientes. Como resultado de todo ello se obtendrá una nueva generación que en promedio estará más cerca de la solución real. Si se repite dicho proceso todas las veces que sean necesarias se puede llegar a alcanzar una buena solución.

No obstante, la población puede no evolucionar hacia la solución buscada. Por ejemplo, supongamos que nuestro objetivo es crear individuos con determinadas características: gran estatura, ojos azules y pelo rubio, pero en la población inicial aleatoria no se generó ningún individuo con pelo rubio, por lo que las sucesivas generaciones no poseerán nunca esta característica debido a que sus padres carecían de ella, lo cual indica que en nuestra población inicial no hay diversidad. Será necesario otro procedimiento que modifique aleatoriamente la información hereditaria.

Definición de algoritmo genético

Como ya se explicó, los algoritmos genéticos son métodos de adaptación que pueden ser utilizados para implementar búsquedas y solucionar problemas de optimización. Si se tiene en cuenta los procesos genéticos de organismos biológicos, sería factible encontrar soluciones a problemas del mundo real.

Los principales elementos de un algoritmo genético son:

- Esquema de codificación, o sea, la manera en que se representa una posible solución al problema.
- Función de evaluación, que indica si un individuo es apto para resolver el problema planteado.
- Tres operadores básicos: reproducción, cruce y mutación.
- Parámetros que controlan el desempeño del algoritmo genético: probabilidad de cruce, probabilidad de mutación, tamaño de la población, número de generaciones, etc.

En la práctica, la codificación más común de las soluciones es mediante cadenas binarias, aunque se han utilizado también números reales y letras o caracteres para representar los cromosomas. El primero de estos esquemas ha gozado de mucha popularidad debido a que fue el que propuso originalmente Holland [1], y porque resulta fácil de implementar.

Operaciones sencillas de bits permiten efectuar el cruce, la mutación y otras operaciones. A pesar de que una gran cantidad de investigación se realizó en cadenas de longitud variable y otras estructuras, la mayor parte del trabajo con algoritmos genéticos se ha enfocado en cadenas de caracteres de longitud fija.

Cómo se genera un algoritmo genético

Los pasos a seguir para generar un algoritmo genético, según Coello [2] son:

- Generar la población inicial
- Evaluar la adaptación de todos los individuos en la población
- Crear una nueva población efectuando operaciones como selección/reproducción proporcional a la adaptación, cruce y mutaciones en los individuos en la que ésta acaba de ser medida.
- Remplazar la antigua población.
- Iterar utilizando la nueva población, hasta que la misma converja.

Esta implementación vista en forma de pseudocódigo sería:

```
generar población inicial, G(0);  
evaluar G(0);
```

```
t:=0;
repetir
    t:=t+1;
    generar G(t) usando G(t-1);
    evaluar G(t);
hasta encontrar una solución;
```

Cada iteración de este bucle es conocida como generación. La primera de este proceso es una población de individuos generados al azar. Desde ese punto, los operadores genéticos, unidos a la medida de adaptación, actúan para mejorar la población.

PRINCIPALES ELEMENTOS Y OPERADORES DE UN ALGORITMO GENÉTICO

Generación de la población inicial

La primera tarea del algoritmo genético es crear una población inicial de cadenas. Existen diversas formas de seleccionar una población inicial. Las técnicas varían desde seleccionar aleatoriamente cada carácter de una cadena hasta modificar el resultado de una búsqueda hecha previamente por el hombre.

La manera más simple de generar la población inicial es seleccionar cada carácter de la cadena de forma totalmente aleatoria hasta completar toda la población. En caso de que el alfabeto sea binario, la probabilidad de que cada bit sea 1 es 50%.

La composición de la población inicial puede afectar dramáticamente el comportamiento del algoritmo genético.

La población debe ser lo suficientemente larga como para crear un diverso grupo de individuos con el fin de que el algoritmo genético lo explore, pero no tanto como para que no domine el tiempo de la computadora.

Esquema de codificación

Si un problema es factible de ser representado por un conjunto de parámetros (conocidos como genes), éstos pueden ser unidos para formar una cadena de valores (cromosoma), a este proceso se le llama codificación. En genética ese conjunto representado por un cromosoma en particular es referido como genotipo. Este contiene la información necesaria para construir un organismo conocido como fenotipo. Esos mismos términos se aplican en algoritmos genéticos. Por ejemplo, si se desea diseñar un puente, el conjunto de parámetros que especifica el diseño será el genotipo, mientras que la construcción final es el fenotipo. La adaptación de cada individuo depende de su fenotipo, el cual es posible inferir de su genotipo, es decir, puede calcularse desde el cromosoma si se utiliza la función de evaluación.

Veamos. Si se tiene un problema de maximizar una función de tres variables $F(X,Y,Z)$, se podría representar cada variable por un número binario de 10 bits, y se obtendría un cromosoma de 30 bits de longitud y 3 genes.

Existen varias cuestiones relacionadas con la codificación de un problema que deben ser tenidas en cuenta en el momento de una ejecución:

- Utilizar el alfabeto más pequeño posible para representar los parámetros, normalmente se utilizan dígitos binarios
- Las variables que representan los parámetros del problema deben ser discretizadas para poder representarse con cadenas de bits. Debe utilizarse suficiente resolución capaz de asegurar que la

salida tenga un nivel de precisión adecuado. Se asume que la discretización es representativa de la función objetivo.

- La mayor parte de los problemas tratados con algoritmos genéticos son no lineales y muchas veces existen relaciones ocultas entre las variables que conforman la solución. Esta interacción es referida como epístasis, y es necesario tomarla en cuenta para una representación adecuada del problema.
- El tratamiento de los genotipos no válidos debe ser tomado en cuenta para el diseño de la codificación. Supongamos que se necesitan 1 200 valores para representar una variable, por lo que se requieren al menos 11 bits, pero éstos codifican 2 048 posibilidades, "sobrando" 848 patrones de bits. A los mismos se les puede dar un valor cero de adaptación, ser sustituidos por un valor real o eliminar el cromosoma.

Función de evaluación

Dado un cromosoma, la función de evaluación consiste en asignarle un valor numérico de adaptación, el cual se supone sea proporcional a la utilidad o habilidad del individuo representado. En muchos casos, el desarrollo de una función de evaluación involucra hacer una simulación, en otros, la función puede estar basada en el rendimiento y representar sólo una evaluación parcial del problema. Adicionalmente debe ser rápida, ya que hay que aplicarla para cada individuo de cada población en las sucesivas generaciones, por lo cual, gran parte del tiempo de corrida de un algoritmo genético se emplea en la función de evaluación.

Otra característica que debe tener esta función es la de castigar las malas soluciones y premiar las buenas, de forma que sean estas últimas las que se propaguen con mayor rapidez.

Selección / reproducción

Este es el proceso mediante el cual un individuo (cromosoma) es copiado proporcionalmente a su evaluación (fuerza), formando un conjunto intermedio de individuos. Tal conjunto intermedio se convierte tentativamente en una nueva población a la cual se le aplicarán los otros operadores genéticos. Copiar individuos de acuerdo con su fuerza significa que los de más alta evaluación poseen mayor probabilidad de tener una o más copias en la siguiente generación. Este operador está inspirado en la teoría de la selección natural darwiniana. En la Naturaleza, la fuerza de un individuo es medida por su capacidad de sobrevivir en un cierto medio ambiente.

Existen dos formas fundamentales de realizar el procedimiento de selección/reproducción: ruleta y torneo estocástico.

Ruleta:

Es el usado por Goldberg [3]. Este método consiste en crear una ruleta en la que cada cromosoma tiene asignada una fracción proporcional a su aptitud. Esta se gira tantas veces como individuos tenga la población para determinar cuáles serán seleccionados. Debido a que a los individuos más aptos se les asignó un área mayor de la ruleta, se espera que sean seleccionados más veces que los menos aptos.

Torneo estocástico:

Usado por Holland [1] consiste en barajar la población y hacer competir los cromosomas que la integran en grupos de tamaño predefinido (normalmente compiten en parejas) en un torneo del que resultarán ganadores aquellos que tengan valores de aptitud más altos.

Nótese que esta técnica garantiza la obtención de múltiples reproducciones del mejor individuo entre los progenitores de la siguiente generación. Si se efectúa un torneo entre dos individuos, el mejor será duplicado en el conjunto intermedio. Por otra parte, si se compete en tríos se realizarán tres copias y así sucesivamente.

Formas de trabajo de los algoritmos genéticos

Existen varias formas de trabajo de los algoritmos genéticos, cada una basada en una metáfora distinta de la Naturaleza.

Algoritmos genéticos generacionales:

Es semejante a la forma de reproducción de los insectos. En la que una generación pone huevos, se aleja geográficamente o muere y es sustituida por una nueva. En tal modelo se realizan cruces en una piscina de individuos, los descendientes son colocados en otra. Al final de la fase reproductiva se elimina la generación anterior y se utiliza la nueva. Este modelo también es conocido como algoritmo genético canónico.

Algoritmos genéticos de estado fijo:

Utilizan el esquema generacional de los mamíferos y otros animales de vida larga, en el cual coexisten padres y sus descendientes, lo que permite que los hijos sean educados por sus progenitores, pero también que a la larga se genere competencia entre ellos.

En este modelo, no sólo se deben seleccionar los dos individuos padres, sino también cuáles de la población anterior serán eliminados, para dar espacio a los descendientes.

Algoritmos genéticos paralelos:

Parte de la metáfora biológica que motivó a utilizar la búsqueda genética consiste en que es inherentemente paralela, ya que al evolucionar se recorren de forma simultánea, muchas soluciones cada una representada por un individuo de la población. Sin embargo, es muy común en la Naturaleza que no sólo exista una población evolucionando, sino varias, normalmente aisladas de forma geográfica, que originan respuestas diferentes a la presión evolutiva. Esto trae consigo dos modelos que tienen en cuenta tal variación y utilizan no una población como los anteriores, sino múltiples concurrentemente.

- Modelos de Islas.

Si se tiene una población de individuos, ésta se divide en subpoblaciones que evolucionan independientemente como un algoritmo genético normal. En ocasiones, ocurren migraciones entre ellas, lo que les permite intercambiar material genético.

Con la migración, este modelo puede explotar las diferencias en las subpoblaciones. Tal variación representa una fuente de diversidad genética. Sin embargo, si un gran número de individuos emigran en cada generación, ocurre una mezcla global y se eliminan las diferencias locales. Si la migración no es frecuente, es probable que se produzca convergencia prematura en las subpoblaciones.

- Modelo Celular.

Coloca cada individuo en una matriz, donde cada uno sólo podrá buscar reproducirse con los otros que tenga a su alrededor (más cerca de casa) por lo que escoge al azar o al mejor adaptado. El descendiente pasará a ocupar una posición cercana.

No hay islas en este modelo, pero hay efectos potenciales similares. Si se asume que el cruce está restringido a individuos adyacentes, dos de ellos separados por 20 espacios estarán tan separados como si estuvieran en dos islas. Esta forma se conoce como aislamiento por distancia.

Cruce

El cruce se lleva a cabo sobre el conjunto intermedio generado por la reproducción. Primero se selecciona aleatoriamente una pareja de individuos para ser cruzados. Después, con el uso de la teoría de las probabilidades se determina si habrá cruce entre los dos individuos seleccionados o no. En caso afirmativo se alinean ambos individuos y se elige aleatoriamente una posición K entre 1 y $Lc-1$ (Lc es la longitud del cromosoma), en la cual se hará el cruce. Dos nuevos individuos serán creados

intercambiando la información de los padres entre la posición K+1 y la posición Lc incluso (Ver figura 1). Esto es conocido como cruce en un punto.

Cuando se usan 2 puntos de cruce, según Goldberg [3], se procede de manera similar, pero en este caso el intercambio se realiza en la forma mostrada en la figura 2.

Normalmente el cruce se maneja dentro de la implementación del algoritmo genético con un porcentaje que indica con qué frecuencia se efectuará. Esto significa que no todas las parejas de cromosomas se cruzarán, sino que habrá algunas que pasarán intactas a la siguiente generación. Existe una técnica, llamada elitismo, en la que el individuo más apto a lo largo de las distintas generaciones no se cruza con nadie y se mantiene intacto hasta que surge otro mejor que lo desplazará.

Punto de cruce

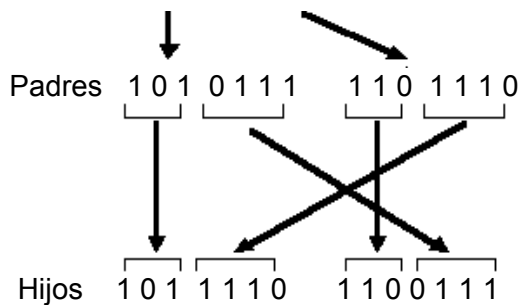


Figura 1. *Uso de un solo punto de cruce entre 2 individuos. Observe que cada pareja de cromosomas origina 2 descendientes para la siguiente generación. El punto de cruce puede ser cualquiera de los 2 extremos de la cadena, en cuyo caso no se realiza el cruce.*

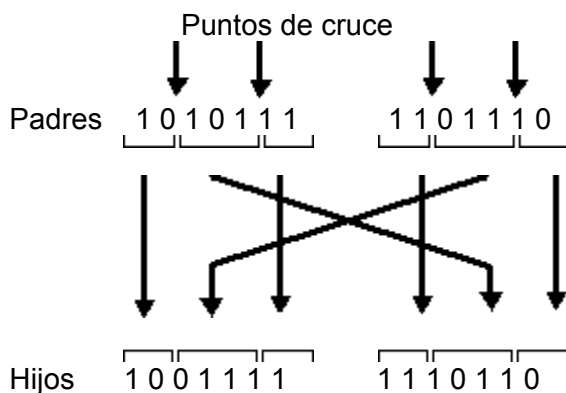


Figura 2. *Uso de 2 puntos de cruce entre 2 individuos. Nótese cómo en este caso se mantienen los genes de los extremos y se intercambian los del centro. También aquí existe la posibilidad de que uno o ambos puntos de cruce se encuentren en los extremos de la cadena, en cuyo caso se hará un cruce usando un solo punto o ningún cruce, según corresponda.*

Mutación

La mutación es aplicada a cada descendiente individualmente luego de cada cruce. Esta altera cada uno de los genes del cromosoma al azar, con una probabilidad pequeña. Cuando se usa una

representación binaria, un bit se sustituye por su complemento (un cero se cambia por un uno y viceversa). Este operador permite la introducción de nuevo material cromosómico en la población, tal y como sucede con sus equivalentes biológicos. Al igual que el cruce, la mutación se maneja como un porcentaje que indica con qué frecuencia se efectuará, aunque se distingue de la primera por ocurrir mucho más esporádicamente (el porcentaje de cruce, normalmente es de más de 60%, mientras que el de mutación es frecuente no supere 5%). Este bajo por ciento en la probabilidad de mutación evita oscilaciones en el promedio de los valores objetivos de la población. Existen dos formas de implementar una mutación: con probabilidad fija o el uso de una probabilidad variable que cambia de acuerdo con las características de la población. En la figura 3 se muestra detalladamente cómo se realiza la mutación en una cadena binaria.

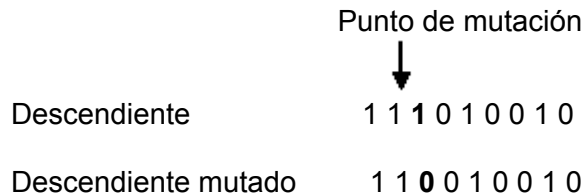


Figura 3. *Mutación. La mutación se realiza en el tercer bit de la cadena. Como se puede apreciar el tercer bit cambia de 1 a 0.*

Por medio de la selección / reproducción el algoritmo genético selecciona dentro de la población a los mejores individuos y crea reproducciones de ellos en proporción a su aptitud para solucionar el problema planteado. Mediante el cruce, estas “copias” se combinan entre sí para crear nuevas soluciones, las cuales se espera sean mejores a las anteriores. La mutación busca mejorar aún más las soluciones creadas con los dos operadores anteriores. Se puede decir entonces que los algoritmos genéticos utilizan soluciones que por su evaluación han demostrado ser buenas para combinarlas y producir otras todavía mejores.

Problemas fundamentales en la implementación de un algoritmo genético

Convergencia prematura.

Un problema de los algoritmos genéticos, dado por una mala formulación del modelo, es aquel en el cual los genes de unos pocos individuos relativamente bien adaptados, pero no óptimos, pueden dominar rápidamente la población. Una vez que esto ocurre, la habilidad del modelo para buscar mejores soluciones es eliminada completamente, mientras queda sólo la mutación como vía para hallar otras alternativas, a la vez que el algoritmo se convierte en una búsqueda lenta al azar.

Existen dos formas fundamentales de evitar este problema. En la primera es necesario controlar el número de oportunidades reproductivas de cada individuo. El efecto es comprimir el rango de adaptación y prevenir que un individuo relativamente bien adaptado tome control rápido de la población. En la segunda, para reducir la convergencia prematura, el operador de mutación averigua cuándo existe poca diversidad en la población y aumenta la variedad con la introducción de nuevas mutaciones. Ello se hace cuando se comparan los padres, y en el caso de que haya grandes semejanzas entre los mismos, entonces se aumenta la probabilidad de que ocurra una mutación en los hijos.

Finalización lenta.

En este problema, luego de muchas generaciones, la población habrá convergido. La adaptación promedio será alta y habrá poca diferencia entre el mejor y el individuo promedio, por consiguiente, será muy baja la tendencia de la función de adaptación al llevar el algoritmo hacia el máximo. Las mismas técnicas aplicadas en la convergencia prematura son utilizadas en este caso.

Terminación del procesamiento

Como se ha visto, durante la ejecución de un algoritmo genético, el promedio de la población aumenta su calidad en la medida que transcurren generaciones, por lo que es de esperar que el programa termine su ejecución cuando una de las cadenas en la población resuelva el problema de forma óptima. Esto trae a la luz una pregunta: Si la mejor solución es desconocida, ¿cómo puede el programa saber si ha encontrado la mejor respuesta, o al menos una de las mejores? Una forma podría ser hallar una solución que cumpla un requerimiento mínimo. Otra sería correr el programa hasta que las mejoras introducidas por las nuevas soluciones no merezcan todo el tiempo invertido en encontrarlas. También está la forma de terminar la ejecución del programa que consistiría en interrumpirlo cuando la población converja en 95% o se complete el procesamiento del número de generaciones predefinidas.

Cuándo es posible usar algoritmos genéticos

La aplicación más común de los algoritmos genéticos ha sido la solución de problemas de optimización, las que han mostrado ser eficientes y confiables. Sin embargo, no todos los problemas pudieran ser apropiados para la técnica y se recomienda en general tomar en cuenta las siguientes características del mismo antes de intentar su uso:

- Su espacio de búsqueda (posibles soluciones) debe estar delimitado dentro de cierto rango.
- Debe poderse definir una función de aptitud que nos indique qué tan buena o mala es una cierta respuesta.
- Las soluciones deben codificarse de una forma que resulte relativamente fácil de implementar en la computadora.

El primer punto es muy importante y lo más recomendable es intentar resolver problemas que tengan espacios de búsqueda discretos -aunque éstos sean muy grandes. Sin embargo, también podrá intentarse usar los algoritmos genéticos con espacios de búsqueda continuos, pero preferentemente cuando exista un rango de soluciones relativamente pequeño.

Ventajas de los algoritmos genéticos sobre los métodos tradicionales

En nuestro mundo real existen muchos procesos concretos que requieren gran complejidad analítica para conseguir una resolución aceptable. La ciencia ha desarrollado diversas técnicas con el propósito de hallar los valores de los parámetros que optimicen esos problemas (por ejemplo: recorrido mínimo para la recogida de la basura de una gran ciudad, conseguir optimizar los parámetros de control en una central nuclear, asignación del tiempo de uso de un ordenador central para muchos usuarios, etc.). Sin embargo, estas técnicas no son eficientes para solucionar ciertos problemas en los que sean necesarias herramientas matemáticas tales como derivadas, ecuaciones no lineales..., difíciles o imposibles de encontrar. Para otras técnicas que no necesitan conocimiento del entorno (métodos enumerativos) es preciso recorrer todo el espacio de posibles soluciones con el consiguiente consumo prohibitivo de tiempo cuando este espacio es grande.

La ventaja principal de los algoritmos genéticos es que no necesitan el control directo del entorno, es decir no es imprescindible conocer datos auxiliares sobre el problema que se trata de resolver y tampoco recorrer todo el espacio de búsqueda. No garantizan que encontrarán la solución óptima al problema, pero son generalmente buenos para encontrar soluciones aceptables a problemas en corto tiempo. Donde existan técnicas especializadas para la resolución de problemas, éstas superarán fácilmente a los algoritmos genéticos, tanto en velocidad como en precisión. El campo principal de aplicación es donde no exista este tipo de técnicas. Por otra parte, cuando se usan en problemas de optimización resultan menos afectados por las falsas soluciones que afectan las técnicas tradicionales.

Aplicaciones [6]

Los algoritmos genéticos son útiles en gran cantidad de aplicaciones. Las siguientes constituyen sólo una muestra de sus potencialidades.

1. Identificación de Sistemas

El término Identificación de Sistemas puede ser definido como la obtención de la estructura y los parámetros de un modelo matemático generalmente dinámico, que reproduce con suficiente exactitud, para los fines deseados de control automático, las características dinámicas del proceso objeto de estudio.

Existen varias técnicas para la identificación de sistemas que se pueden agrupar en dos grandes bloques: paramétricas y no paramétricas. En todos los algoritmos de identificación paramétrica desarrollados hasta la fecha, el modelo del proceso se obtiene partiendo de la suposición de que la estructura de éste es conocida (tipo de modelo y orden). En la práctica, para encontrar el modelo del sistema se utilizan datos del mismo y se parte de una estructura propuesta. Posteriormente se estiman los parámetros del modelo. Este proceso se realiza de manera iterativa hasta encontrar uno que sea satisfactorio. Mediante el uso de un algoritmo genético se pueden identificar los parámetros de un modelo dado, así como su estructura.

2. Control

Los algoritmos genéticos pueden ser aplicados a metodologías de control para el mejoramiento de la eficiencia de los sistemas, ya que en el diseño de los controladores normalmente se requiere optimizar algunos parámetros, la configuración o el orden para reducir la complejidad del sistema.

La efectividad de estos algoritmos se ha demostrado en la optimización multiobjetivo con el objetivo de cumplir los criterios de diseño de plantas.

3. Robótica

En el diseño de sistemas de navegación controlados por robot los algoritmos genéticos se han utilizado con el fin de optimizar la trayectoria desde el arranque hasta el destino deseado y evitar las colisiones.

4. Reconocimiento de patrones

El uso de algoritmos genéticos para el reconocimiento de patrones puede agruparse en dos categorías: extracción y reconocimiento.

- Extracción:

Se generan filtros para las imágenes, de forma tal que la del objetivo es clasificada a partir de los datos disponibles o se extraen primitivas geométricas, las que se representan en un cromosoma mediante un número de puntos mínimo.

- Reconocimiento

Un objeto plano se observa desde dos posiciones y se establece una relación que se gobierna por una matriz de transformación afín. Los parámetros de la transformación pueden calcularse empleando algoritmos genéticos para remplazar la búsqueda ciega exhaustiva y se han obtenido resultados alentadores.

5. Reconocimiento de voz

En un sistema de reconocimiento del habla automático, los patrones de prueba se identifican con patrones de referencia pre-almacenados. La comparación de señales de voz presenta dificultades ya que sus variaciones en el tiempo y las escalas de tiempo entre ellas no son fijas. Por tanto, el registro en tiempo de la prueba y los patrones de referencia es uno de los problemas fundamentales en esta área. Para resolverlo se han aplicado los algoritmos genéticos y sus resultados son superiores que con las técnicas convencionales.

6. Diseños de ingeniería

Los algoritmos genéticos se utilizan en la optimización de las formas de los objetos, disposición de elementos en los circuitos de alta escala de integración, diseño de circuitos secuenciales sincrónicos con el objetivo de reducir el área y en otras tareas de ingeniería.

7. Planeación y ordenamiento

Frecuentemente se requiere optimizar la planificación de acciones, movimientos y tareas. La aplicación de algoritmos genéticos al problema del viajante de comercio, la distribución de bombas de agua, organización del trabajo y el mantenimiento, así como los sistemas de producción-inventario-distribución, son ejemplos típicos de aplicación de los algoritmos genéticos.

8. Sistemas clasificadores

En sistemas grandes y complejos, en los que se requiere ajustar muchos parámetros de control para mantenerlos funcionando en forma, generalmente se aplica un sistema clasificador. Tales sistemas incluyen reglas de clasificación y aprendizaje en línea para su interacción con el ambiente.

La aplicación del algoritmo genético tendrá por objetivo la evaluación de la efectividad de las reglas durante el trabajo del sistema o mediante modelos. Por ejemplo, se han desarrollado reglas para la optimización de la combustión.

También estos algoritmos se han aplicado a estrategias de juegos y al análisis de modelos políticos y económicos.

Conclusiones

El éxito actual de los algoritmos genéticos se refleja en la celebración de tres conferencias internacionales cada dos años desde 1985, en las cuales se muestran los avances más significativos en esta área. Además, se edita una revista internacional dedicada al tema, un sinnúmero de publicaciones alrededor del mundo, así como numerosos trabajos sobre el tema publicados por científicos de todo el mundo. Los algoritmos genéticos también ganan terreno gradualmente en revistas especializadas en áreas tan concretas como biología, matemática e inteligencia artificial.

Es de esperar que en el futuro cercano, más investigadores se sientan atraídos por esta novedosa técnica, por lo que no resulta inconveniente conocer sus elementos.

Referencias

- [1] Holland, J. H., "Adaptation in Natural and Artificial Systems", University of Michigan Press, 1975, 211 p.
- [2] Coello, C. A., "Tesis doctoral", Universidad de Tulane, Nueva Orleans, EUA, 1996.
- [3] Goldberg, D. E., "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley Publishing Company, 1989, 412 p.
Booker, L.B.; Goldberg, D.E., and Holland, J.H., "Classifier Systems and Genetic Algorithms", Artificial Intelligence, 40, 1989, p. 235-282.
- [4] Koza, J. R., "Genetic Programming. On the Programming of Computers by Means of Natural Selection", The MIT Press, 1992, 819 p.
- [5] Ribeiro Filho, J.L.; Treleaven, Ph.C., and Alippi, C., "Genetic-Algorithm Programming Environments", IEEE Computer, June 1994, p. 28-43.
- [6] Man, K. F., Tang, K.S., and Kwong, S., "Genetic Algorithms: Concepts and Applications", IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 43, No. 5, october 1996.

Frases para Raul

Los algoritmos genéticos son métodos de adaptación que pueden ser utilizados para implementar búsquedas y solucionar problemas de optimización.

Mientras más diversa sea la población inicial más oportunidad tendrá el algoritmo genético de explotar su espacio de búsqueda.

Durante la ejecución de un algoritmo genético, el promedio de la población aumenta su calidad en la medida que transcurren generaciones.