



Aprendizaje Automático

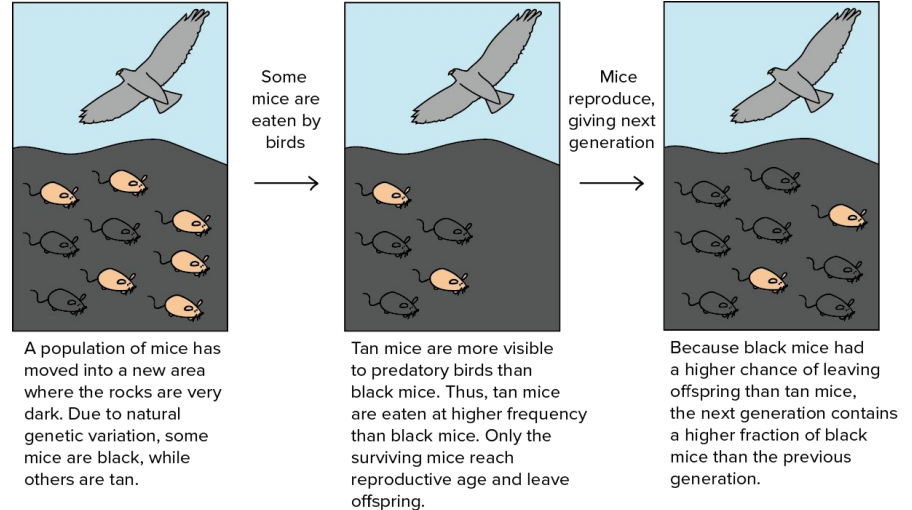
Algoritmos Genéticos

Julie Andrea Thomas Vallejo
Jesid Mauricio Mejía Castro
Andres Felipe Robles Guiterrez

Introducción

Teoría de la Evolución

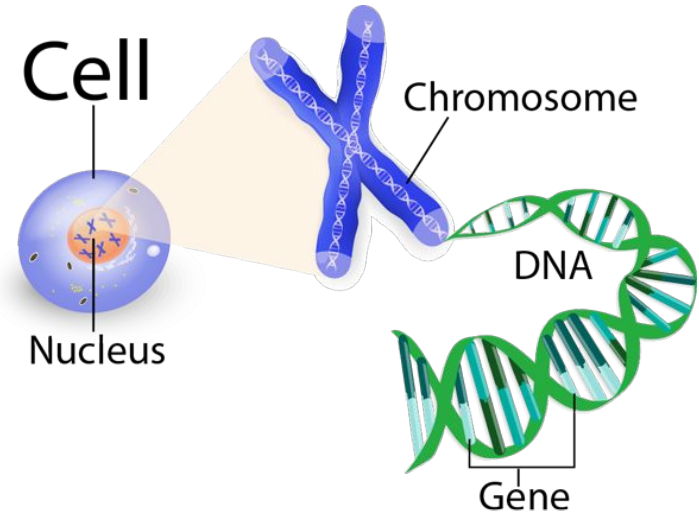
- La evolución puede entenderse como un método para buscar “soluciones” dentro de un espacio enorme de posibilidades.
- En biología hablamos de organismos altamente adaptados y posibles secuencias genéticas (organismos capaces de sobrevivir y reproducirse en su medio ambiente).
- Un ejemplo de ello es el sistema inmune de los mamíferos.



Términos Biológicos

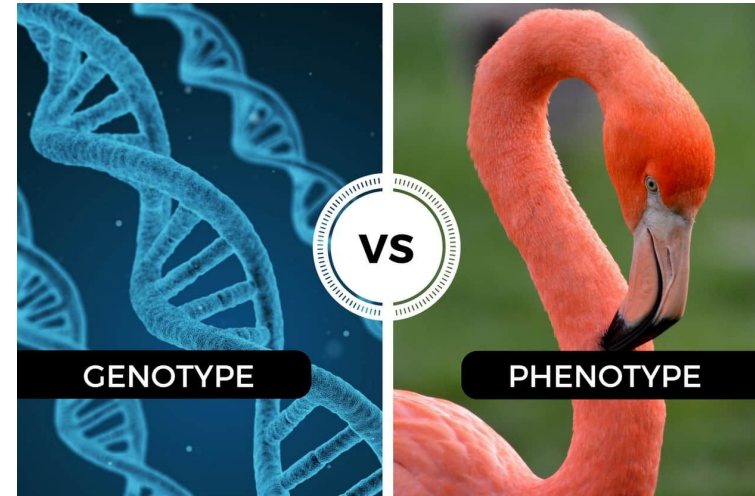
Un organismo se compone de **células**.

- Una célula contiene **cromosomas** que son cadenas de ADN. Esas cadenas nos dan la “maqueta del organismo”.
- Los cromosomas están compuestos de **genes** que codifican una proteína particular y codifican algún rasgo del organismo. Cada gen tiene un **locus** (posición) particular en el cromosoma.
- Las posibles configuraciones de un rasgo se denominan **alelos**.
- La colección completa del material genético de un organismo se denomina **genoma** del organismo.



Términos Biológicos

- El término **genotipo** se refiere al conjunto particular de genes contenido en un genoma. El genotipo da lugar al **fenotipo**, que refleja las características físicas y mentales del individuo.
- Los organismos cuyos cromosomas se arreglan en parejas se denominan **diploides**, si los cromosomas vienen son unitarios, se denominan **haploides**.
- Durante la reproducción sexual ocurre una **recombinación** de los cromosomas para el nuevo vástago, este nuevo individuo está sujeto a **mutaciones**, entendidos como errores de copia.



Algoritmos Genéticos

- Es un algoritmo basado en el proceso de selección natural.
- Pertenece a los algoritmos evolucionarios.
- Se utiliza para encontrar aproximaciones problemas de búsqueda y optimización utilizando operadores inspirados en la genética como mutación (*mutation*), recombinación (*crossover*) y selección (*selection*).
- Fueron inventados por John Holland en los 60. Su método consiste en avanzar desde una población de “cromosomas” (cadena de bits) hacia una nueva población usando algún tipo de “selección natural” junto con los operadores genéticos.



Componentes de un Algoritmos Genéticos

Prototipo de Algoritmo Genético

$GA(Fitness, Fitness_threshold, p, r, m)$

Fitness: A function that assigns an evaluation score, given a hypothesis.

Fitness_threshold: A threshold specifying the termination criterion.

p: The number of hypotheses to be included in the population.

r: The fraction of the population to be replaced by Crossover at each step.

m: The mutation rate.

- Initialize population: $P \leftarrow$ Generate p hypotheses at random
- Evaluate: For each h in P , compute $Fitness(h)$
- While $[\max_h Fitness(h)] < Fitness_threshold$ do

 Create a new generation, P_s :

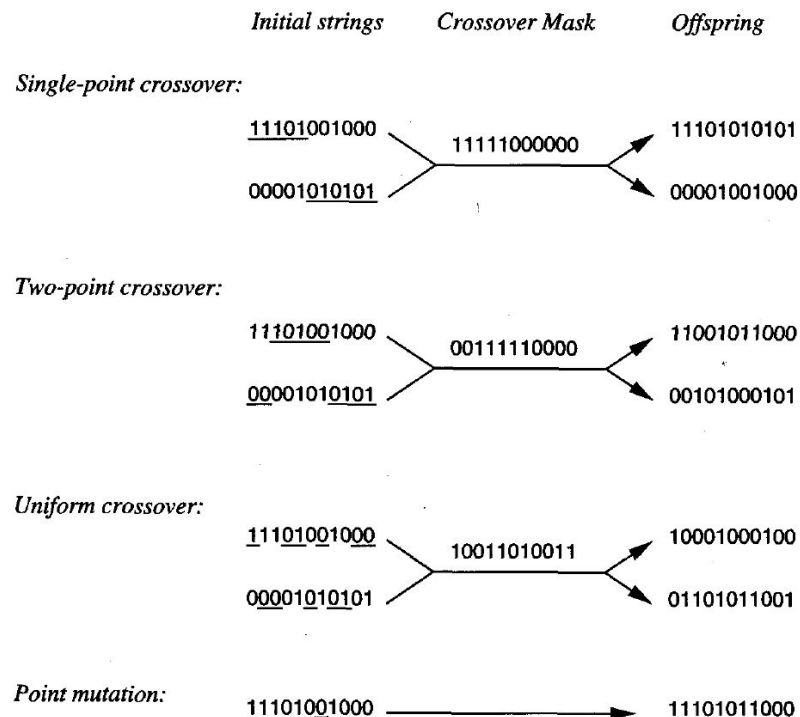
1. Select: Probabilistically select $(1 - r)p$ members of P to add to P_s . The probability $\Pr(h_i)$ of selecting hypothesis h_i from P is given by

$$\Pr(h_i) = \frac{Fitness(h_i)}{\sum_{j=1}^p Fitness(h_j)}$$

2. Crossover: Probabilistically select $\frac{r \cdot p}{2}$ pairs of hypotheses from P , according to $\Pr(h_i)$ given above. For each pair, $\langle h_1, h_2 \rangle$, produce two offspring by applying the Crossover operator. Add all offspring to P_s .
 3. Mutate: Choose m percent of the members of P_s with uniform probability. For each, invert one randomly selected bit in its representation.
 4. Update: $P \leftarrow P_s$.
 5. Evaluate: for each h in P , compute $Fitness(h)$
- Return the hypothesis from P that has the highest fitness.

Operadores Genéticos

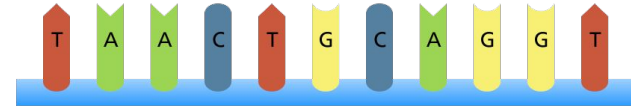
- **Crossover:** este operador produce nuevos sucesores a partir de dos progenitores al copiar bits seleccionados de cada progenitor. El *i*-ésimo gen de cada vástago es copiado del *i*-ésimo gen de alguno de sus padres.



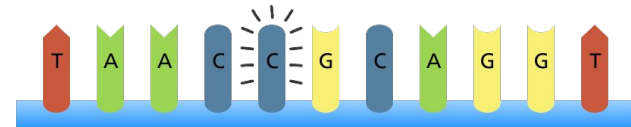
Operadores Genéticos

- **Mutación:** este operador cambia aleatoriamente alguno de los bits en el cromosoma. Por ejemplo, la cadena 000000100 puede ser mutada en su segunda posición así 010000100.

Original sequence



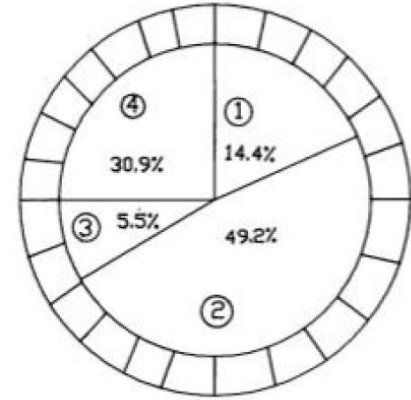
Point mutation



Operadores Genéticos

- **Selección:** La función de fitness define un criterio para calificar individuos potenciales y seleccionarlos probabilísticamente para incluirlos en la siguiente generación.

En nuestro prototipo, la probabilidad de seleccionar un cromosoma está dada por la razón entre su fitness y el fitness de otros miembros de la población actual, este método también se denomina selección por ruleta



$$\Pr(h_i) = \frac{Fitness(h_i)}{\sum_{j=1}^P Fitness(h_j)}$$

Aplicaciones Algoritmos Genéticos

Aplicaciones AG

- **Ingeniería Industrial e Ingeniería de Producción.** Para los sistemas de producción, uno de los principales problemas es encontrar una solución óptima que programe una línea de producción con los recursos disponibles (maquinaria) para la manufactura del proceso.



Otra aplicación está en la programación de Sistemas Flexibles de Manufactura (FMS) que son sistemas compuestos por máquinas herramientas de Control numérico, un inventario de proceso, materia prima, sistemas de transporte, entre otras cualidades.



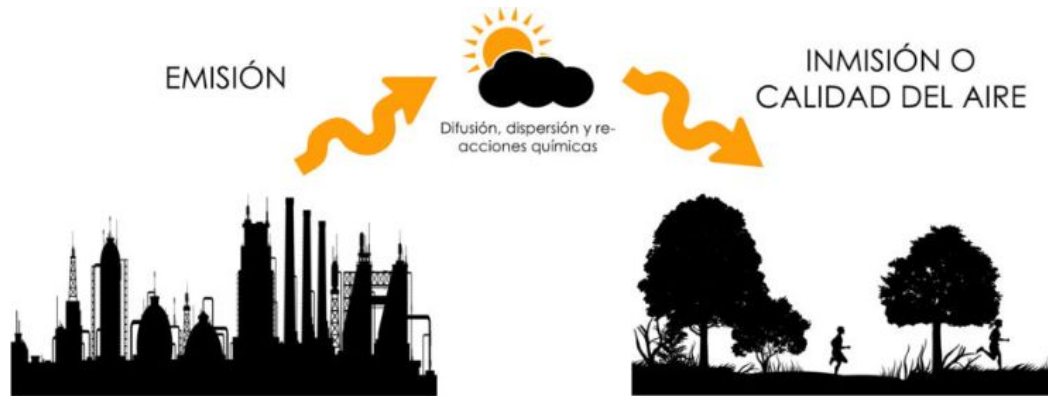
Aplicaciones AG

- **Ingeniería Industrial e Ingeniería de Producción.** Otra implementación se encuentra en problemas de transporte de carga punto a punto con múltiples paradas, donde la ruta de transporte debe cumplir un tiempo y una capacidad de movilidad.



Aplicaciones AG

- **Ingeniería Ambiental.** Estudios del análisis predictivo de comportamientos y modelación de sistemas de dispersión en gases y sistemas vivos, y la determinación de parámetros de ecuaciones de modelamiento ambiental.



Aplicaciones AG

- **Ingeniería Ambiental.** También usados para predecir el transporte y la dispersión de agentes contaminantes en el aire.



Otro ejemplo de predicción es la obtención de modelos para determinar la distribución de especies biológicas (flora y fauna) de una determinada región a través de información suministrada en Internet

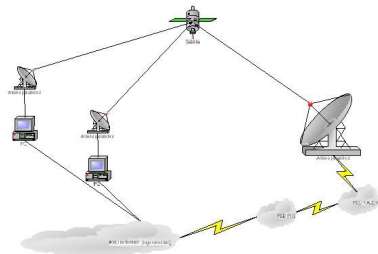


Aplicaciones AG

- **Ingeniería de Sistemas y de Software.** Uno de los campos en los que se enfoca es la búsqueda de estrategias para la calendarización de tareas de sistemas distribuidos, cuya capacidad de procesamiento es heterogénea.

Un segundo campo corresponde a que los investigadores pueden detectar brechas en los sistemas de seguridad.

Otra aplicación es la determinación del número mínimo de conmutadores, que son requeridos para construir una red de configuración satelital



Aplicaciones AG

- **Ingeniería Mecatrónica.** Para problemas de ingeniería de control, la sintonización de los valores de comando que controlan un sistema es un problema frecuente. De una correcta selección de estos valores depende el correcto desempeño de un sistema, como un robot, un proceso industrial o un sistema mecánico.



Aplicaciones AG

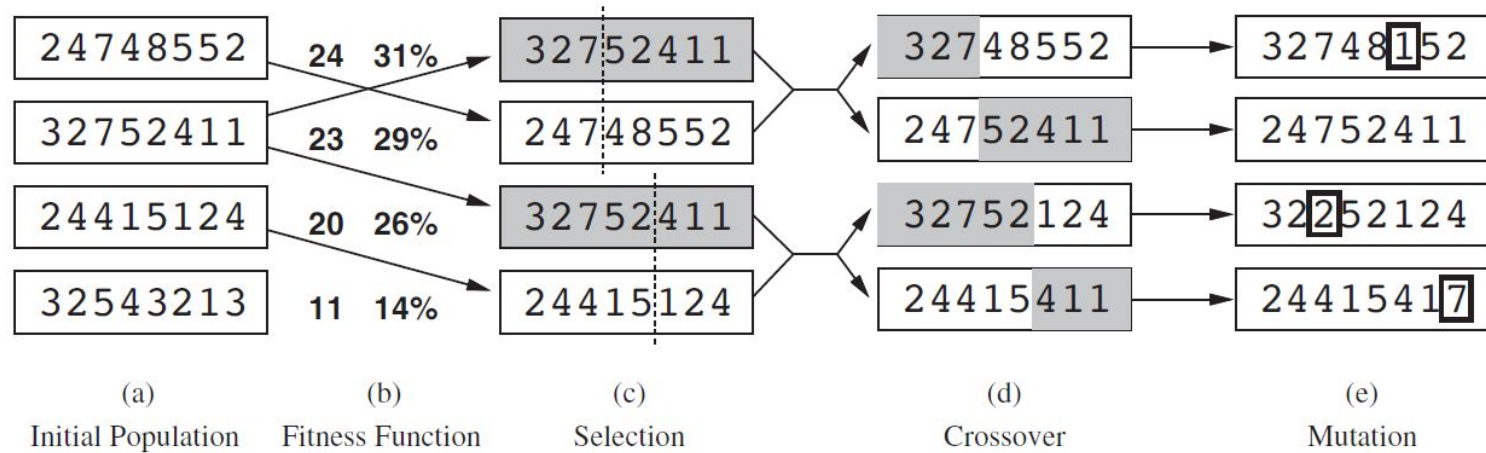
- **Ingeniería Mecatrónica.** En robótica, las aplicaciones están en el control de movimiento (trayectorias en función de la topografía del entorno). Otro ejemplo, determinar las rotaciones de las articulaciones de un robot antropomórfico que garanticen una correcta localización de un actuador localizado en la última extremidad.



Para otras estructuras robóticas, como un robot con piernas es necesario determinar los valores de los parámetros que afectan el caminar, como la distancia, la inestabilidad, el número de extremidades en contacto con el suelo (si tiene más de dos piernas), que se convierten en funciones de evaluación.



Ejemplo



Ejemplo

function GENETIC-ALGORITHM(*population*, FITNESS-FN) **returns** an individual

inputs: *population*, a set of individuals

FITNESS-FN, a function that measures the fitness of an individual

repeat

new_population \leftarrow empty set

for *i* = 1 **to** SIZE(*population*) **do**

x \leftarrow RANDOM-SELECTION(*population*, FITNESS-FN)

y \leftarrow RANDOM-SELECTION(*population*, FITNESS-FN)

child \leftarrow REPRODUCE(*x*, *y*)

if (small random probability) **then** *child* \leftarrow MUTATE(*child*)

add *child* to *new_population*

population \leftarrow *new_population*

until some individual is fit enough, or enough time has elapsed

return the best individual in *population*, according to FITNESS-FN

function REPRODUCE(*x*, *y*) **returns** an individual

inputs: *x*, *y*, parent individuals

n \leftarrow LENGTH(*x*); *c* \leftarrow random number from 1 to *n*

return APPEND(SUBSTRING(*x*, 1, *c*), SUBSTRING(*y*, *c* + 1, *n*))

Bibliografía

Goldberg, David E. (1989). *Genetic algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.

Mitchell, Thomas M. (1997). *Machine Learning*. McGraw-Hill, Inc.

Rusell, S. & Norvig, P. (2009) *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall Press.

Veslin, Elkin. (2014). *Aplicación de algoritmos genéticos en problemas de Ingeniería*. Article (PDF Available)