Algoritmos Genéticos

Introducción a la Robótica Inteligente

Álvaro Gutiérrez

30 de abril de 2025

a.gutierrez@upm.es

www.robolabo.etsit.upm.es

Índice

1. Introducción
2. Algoritmos Genéticos
3. Conclusiones

1 Introducción

2 Algoritmos Genéticos

3 Conclusiones

Definición

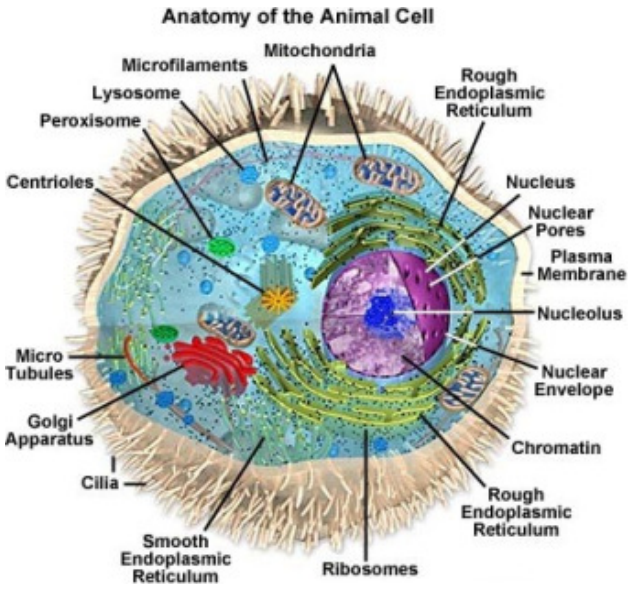
- Los **algoritmos genéticos** son algoritmos de búsqueda probabilística u **optimización** que transforman iterativamente un conjunto (llamado **población**) de objetos matemáticos, cada uno con un valor de “coste” (**fitness**) asociado, en una **nueva población** de descendientes usando principios **Darvinianos** de selección natural y usando **operaciones genéticas** naturales tales como “crossover” (reproducción sexual) y mutación.

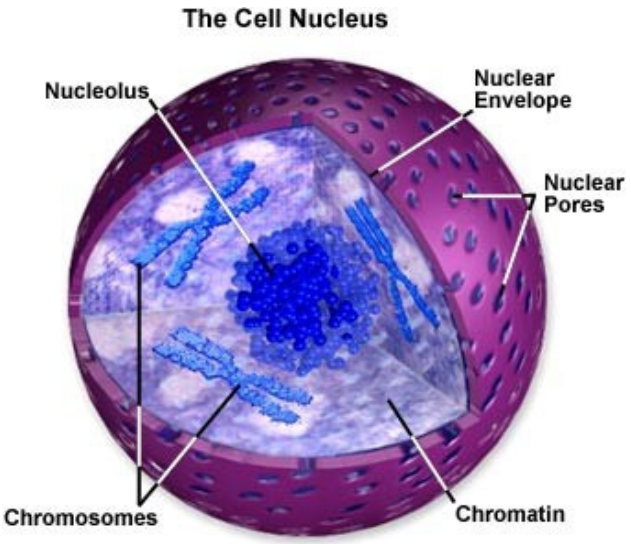
AGs de un vistazo

- Primeras Ideas: John H. **Holland**
  - Adaptation in Natural and Artificial Systems
- Otros nombres: K. DeJong y D. **Goldberg**
- Típicamente usado en **optimización discreta**
- Características:
  - No son muy rápidos
  - Búsqueda en paralelo
- De un vistazo:
  - Una pila de soluciones
  - Combinar las soluciones existentes para producir nuevas soluciones
  - Mutar soluciones actuales para diversidad a largo plazo
  - Mantener las soluciones mejores y sacrificar las peores

Introducción Biológica - Célula

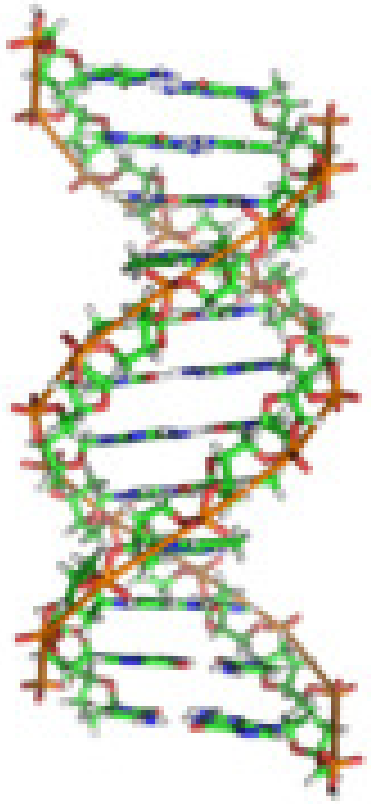
- Todo animal está compuesto de células trabajando conjuntamente
- El centro de cada célula es el núcleo
- El núcleo contiene la información genética





Introducción Biológica - Cromosomas

- La **información** genética se almacena en los **cromosomas**
- Cada **cromosoma** está compuesto de **ADN**
- Los cromosomas en los humanos forman pares
- Los cromosomas están divididos en partes: **Genes**
- Cada **gen** puede adquirir diferentes valores: **alelos**
- Cada **gen** tiene una única posición (**locus**) en cada cromosoma

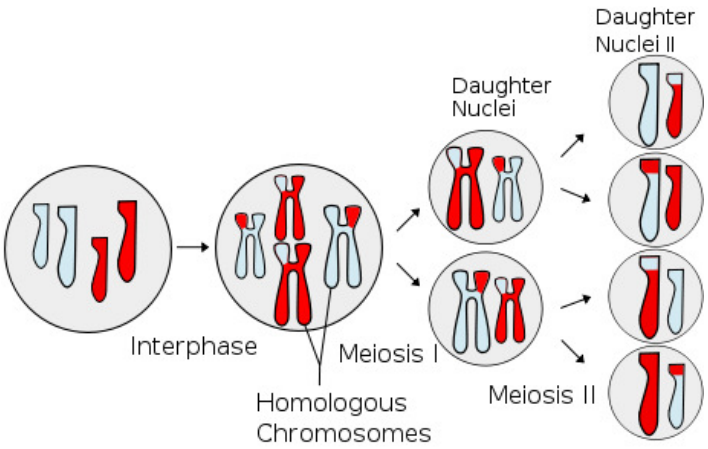


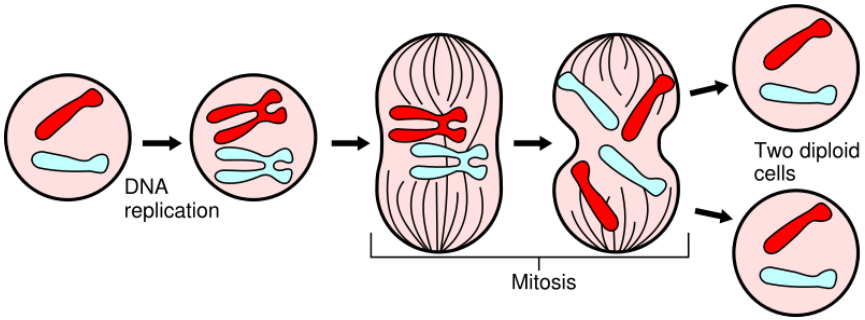
Introducción Biológica - Genética

- El conjunto de todos los genes es un **genotipo**
- Cada genotipo desarrolla un **fenotipo**
- Los alelos pueden ser **dominantes** o **recesivos**
  - Los dominantes siempre se expresan en el fenotipo
  - Los recesivos pueden mantenerse durante generaciones sin “dar la cara”

Introducción Biológica - Reproducción

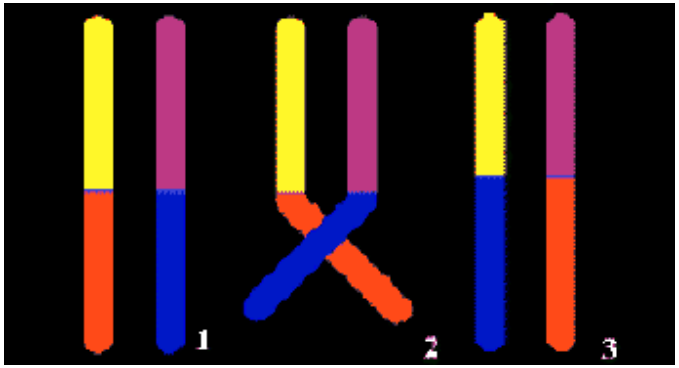
- **Meiosis**: Un tipo de reproducción celular en el que el número de cromosomas es reducido a la mitad separando cromosomas homólogos
- **Mitosis**: Un tipo de reproducción asexual en el que la célula se divide creando una réplica (copia exacta) con el mismo número de cromosomas

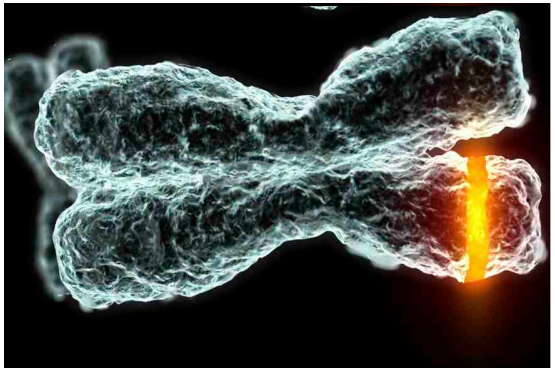




Introducción Biológica - Reproducción

- Durante la reproducción ocurren combinaciones y errores
- Gracias a estas, la variedad existe
- Los más importantes:
  - Cross-over
  - Mutación





Introducción Biológica - Selección Natural

- Se **preservan** las variaciones **favorables** y se **rechazan** las variaciones **no favorables**
- Cada generación nacen nuevos individuos, por lo que existe una **lucha permanente**
- Los individuos con ventajas tienen una mayor posibilidad de supervivencia: **Supervivencia del más adecuado**
- Aspectos importantes:
  - **Adaptación** al entorno
  - **Aislamiento** de especies con las que no se puede reproducir

1 Introducción

2 Algoritmos Genéticos

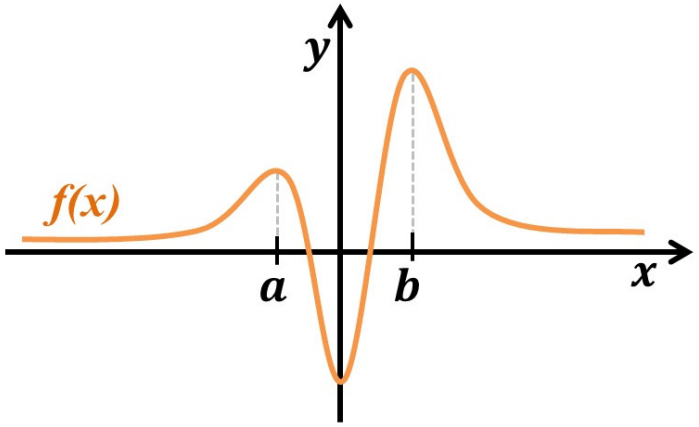
3 Conclusiones

Differencias con otros algoritmos

- Los AGs trabajan con una **codificación** del conjunto de parámetros, no con los parámetros mismos
- Los AGs buscan en un **conjunto de puntos**, no un único punto
- Los AGs utilizan una **función objetivo**, no derivadas, funcionales u otras funciones
- Los AGs utilizan **reglas** de transicción **probabilística**, no determinísticas.

Espacio de Búsqueda

- Cada individuo busca la **mejor solución** en un conjunto
- Este espacio es el **espacio de búsqueda**
- Cada punto en el espacio de búsqueda es una posible solución
- Cada punto tiene un valor de "**fitness**"(encaje) asociado
- Los algoritmos genéticos buscan soluciones en **paralelo**
- Los problemas:
  - Óptimos locales
  - Condiciones iniciales



Algoritmo Básico

- Se comienza con una **población aleatoria** de **n individuos**
- Se **evalúa** cada individuo
- Se crea una **nueva generación**
  - **Selección**: Los mejores
  - **Recombinación**: Entre los mejores
  - **Mutación**: Aleatoria
- Se **evalúa** la nueva generación
- **Repetimos** para **m** generaciones

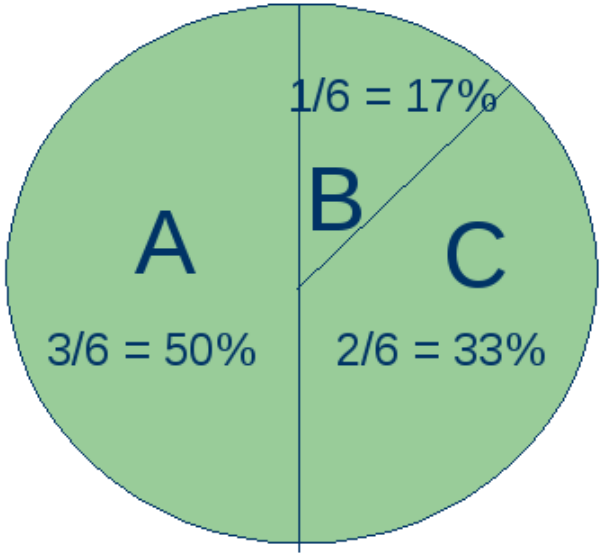
Codificación

- Los **cromosomas** se codifican en **cadenas de bits**
- Cada cromosoma representa un individuo
- Cada individuo es una solución, aunque no la mejor
- La codificación depende del problema a resolver

1	0	0	1	1

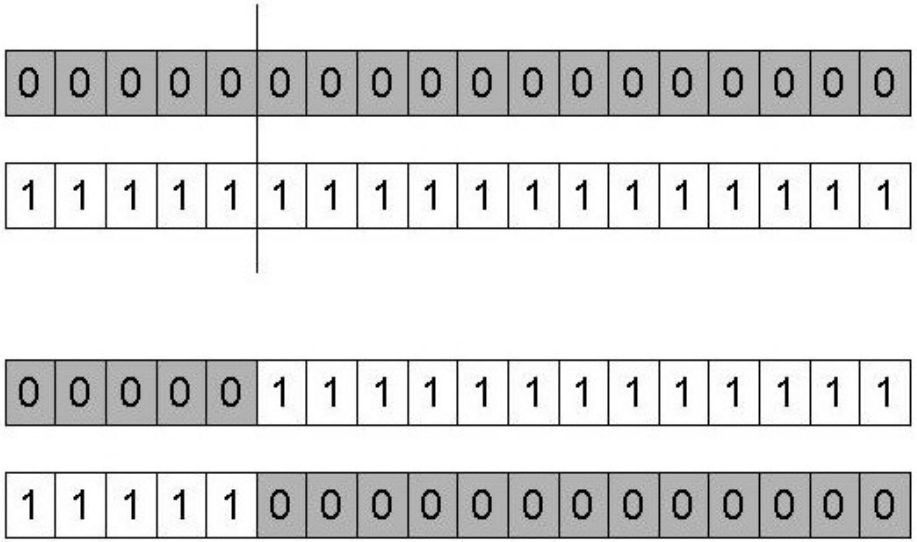
Selección

- Principal idea: Los **mejores** tienen **más posibilidades** de ser seleccionados
- Típicamente la **ruleta**
  - Asigna a **cada individuo una parte** de la ruleta
  - **Girar** la ruleta **n** veces para crear una población de n individuos



Crossover

- Se seleccionan 2 individuos
- Se realiza un cruce con probabilidad P_c
- P_c típicamente en el rango (0.6, 0.9)
- Se selecciona un punto de cruce aleatorio



Mutación

- Alterar cada gen con probabilidad P_m
- P_m típicamente en el rango $(\frac{1}{Long.Poblacion}, \frac{1}{Long.Cromosoma})$

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1

Un Primer Ejemplo - Definición

- Un ejemplo sencillo: $max(x^2)$ donde $x \in \{0, 1, ..31\}$
- Algoritmo genético
  - Codificación en 5 bits, e.g. 01101 $\leftrightarrow$ 13
  - Población de 4 individuos
  - Inicio aleatorio
  - Selección por ruleta
  - Crossover
  - Mutación

Un Primer Ejemplo - Selección

String no.	Initial population	x Value	Fitness $f(x) = x^2$	$Prob_i$	Expected count	Actual count
1	0 1 1 0 1	13	169	0.14	0.58	1
2	1 1 0 0 0	24	576	0.49	1.97	2
3	0 1 0 0 0	8	64	0.06	0.22	0
4	1 0 0 1 1	19	361	0.31	1.23	1
Sum			1170	1.00	4.00	4
Average			293	0.25	1.00	1
Max			576	0.49	1.97	2

Un Primer Ejemplo - Crossover

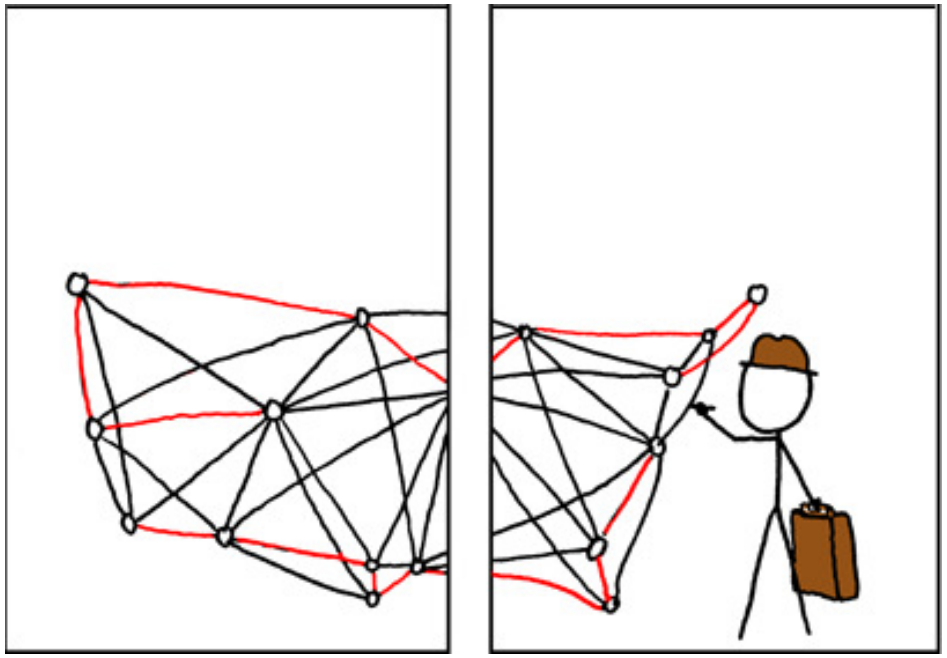
String no.	Mating pool	Crossover point	Offspring after xover	x Value	Fitness $f(x) = x^2$
1	0 1 1 0 | 1	4	0 1 1 0 0	12	144
2	1 1 0 0 | 0	4	1 1 0 0 1	25	625
2	1 1 | 0 0 0	2	1 1 0 1 1	27	729
4	1 0 | 0 1 1	2	1 0 0 0 0	16	256
Sum					1754
Average					439
Max					729

Un Primer Ejemplo - Mutación

String no.	Offspring after xover	Offspring after mutation	x Value	Fitness $f(x) = x^2$
1	0 1 1 0 0	1 1 1 0 0	26	676
2	1 1 0 0 1	1 1 0 0 1	25	625
2	1 1 0 1 1	1 1 0 1 1	27	729
4	1 0 0 0 0	1 0 1 0 0	18	324
Sum				2354
Average				588.5
Max				729

Otro ejemplo sencillo - TSP

- El problema del **vendedor viajero** (Travelling Salesman Problem)
- Dado un conjunto de ciudades encontrar un recorrido de tal manera que:
  - Cada ciudad sólo se visite una vez
  - La distancia recorrida se minimice



TSP - Representación

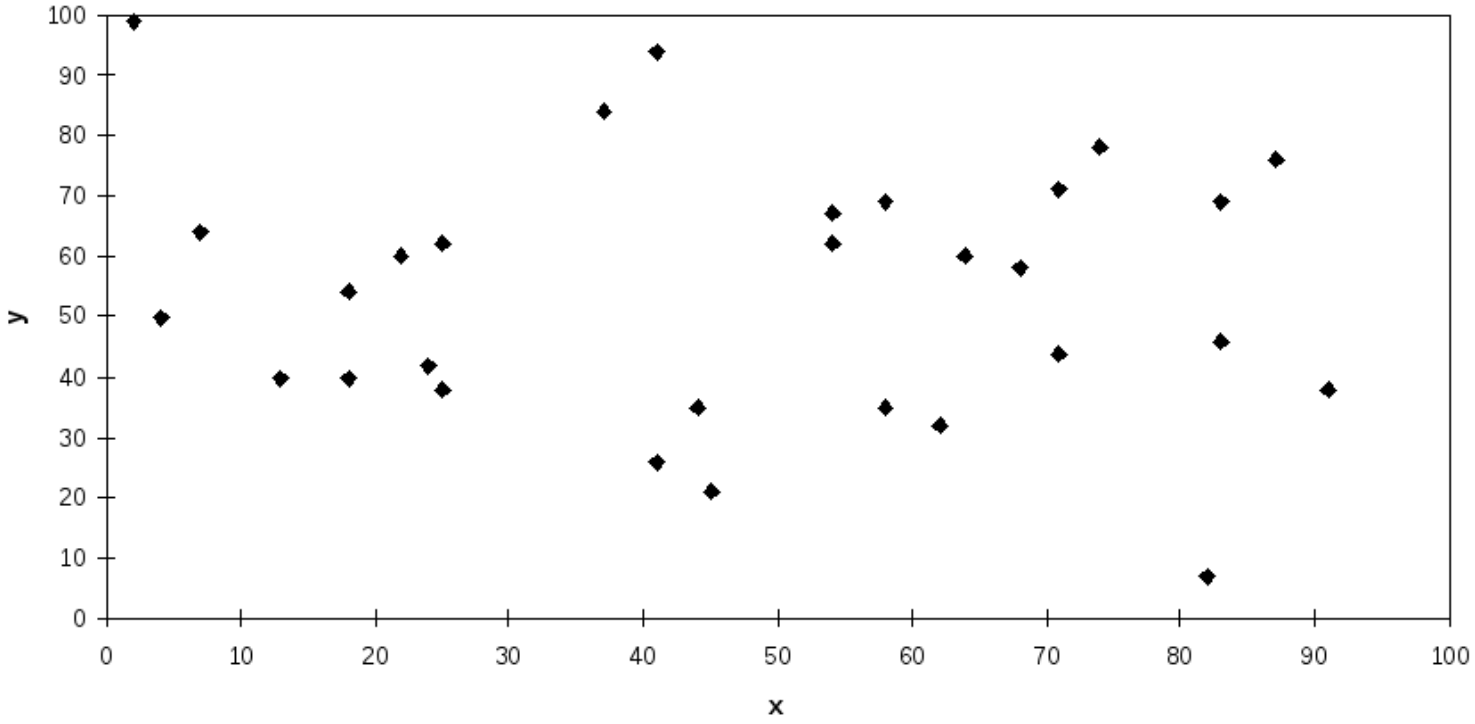
- Representación en una lista ordenada

1) Londres	3) Madrid	5) Pekín	7) Tokio
2) Venecia	4) Singapur	6) Nueva York	8) El Cairo

- Individuo1: (3 5 7 2 1 6 4 8)
- Individuo2: (2 5 7 6 8 1 3 4)
- ...

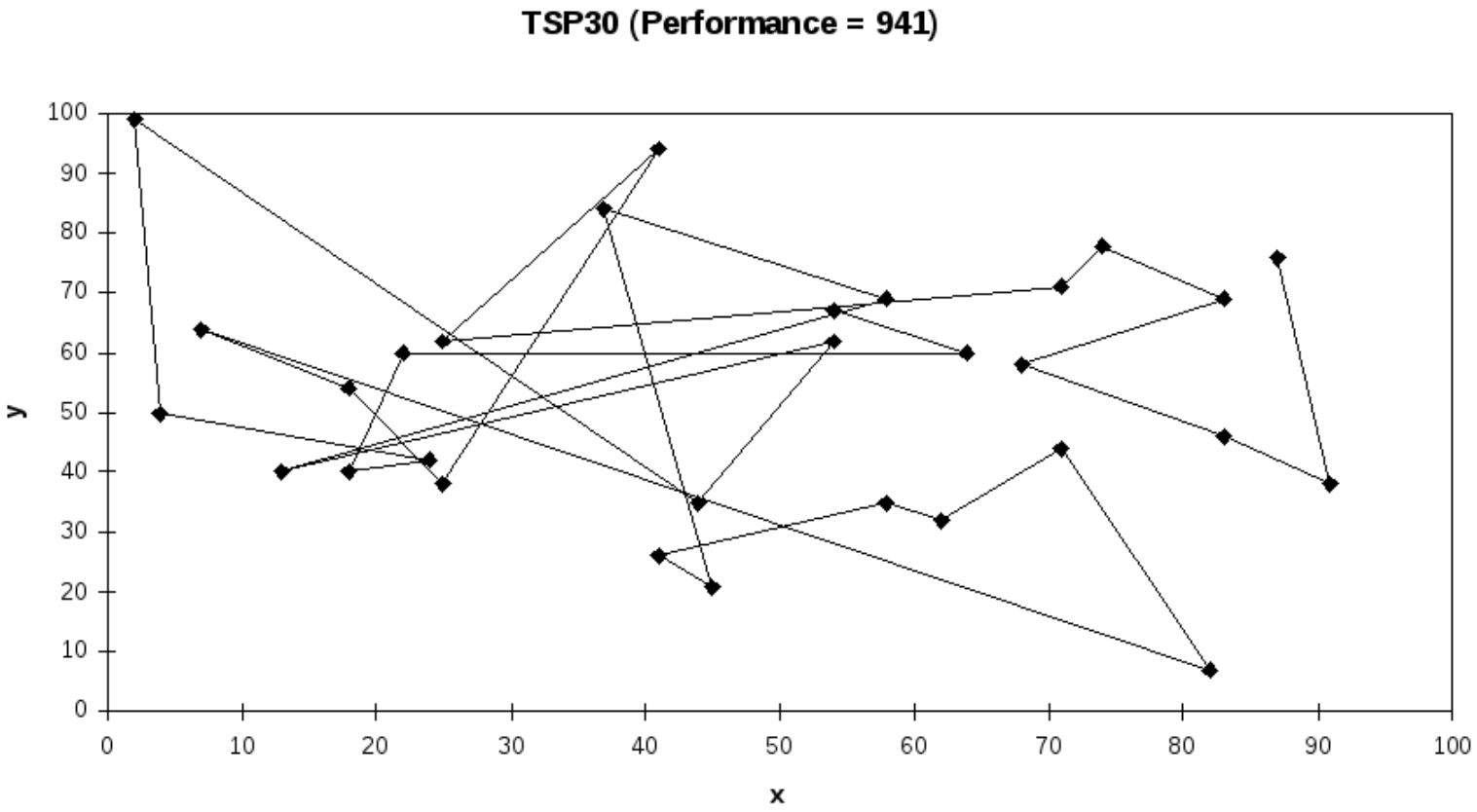
TSP

- Generación 0



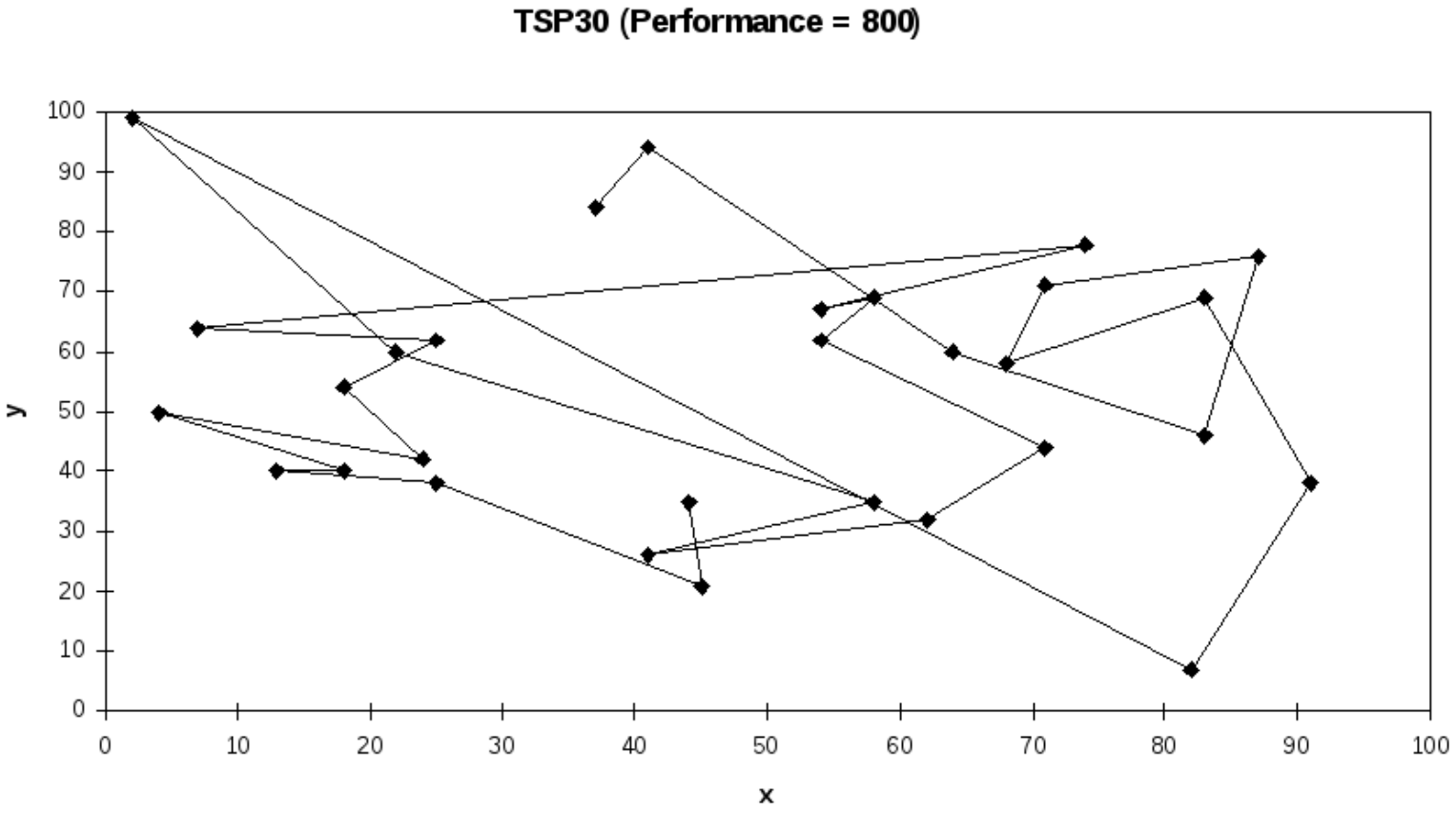
TSP

- Generación 1



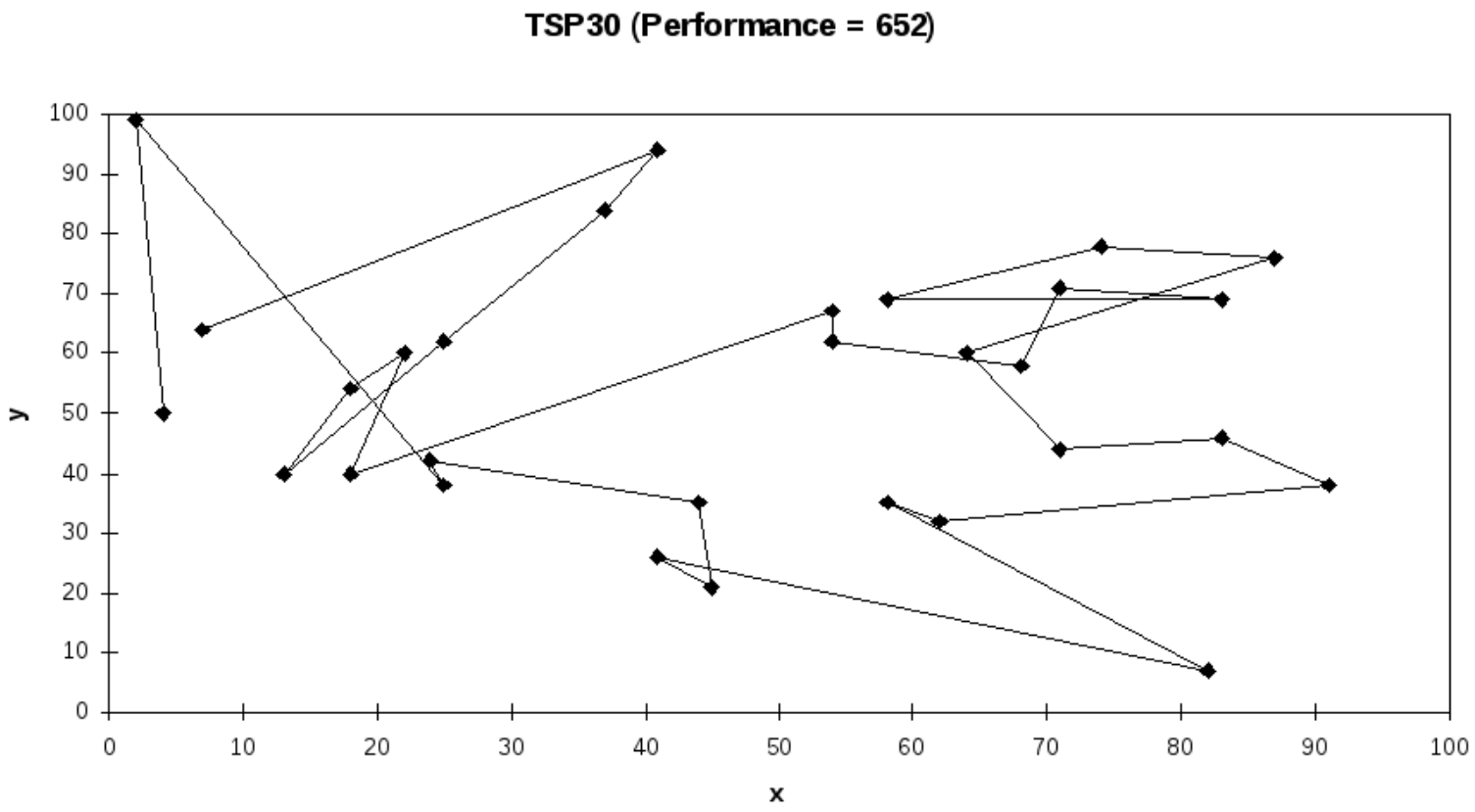
TSP

- Generación 30



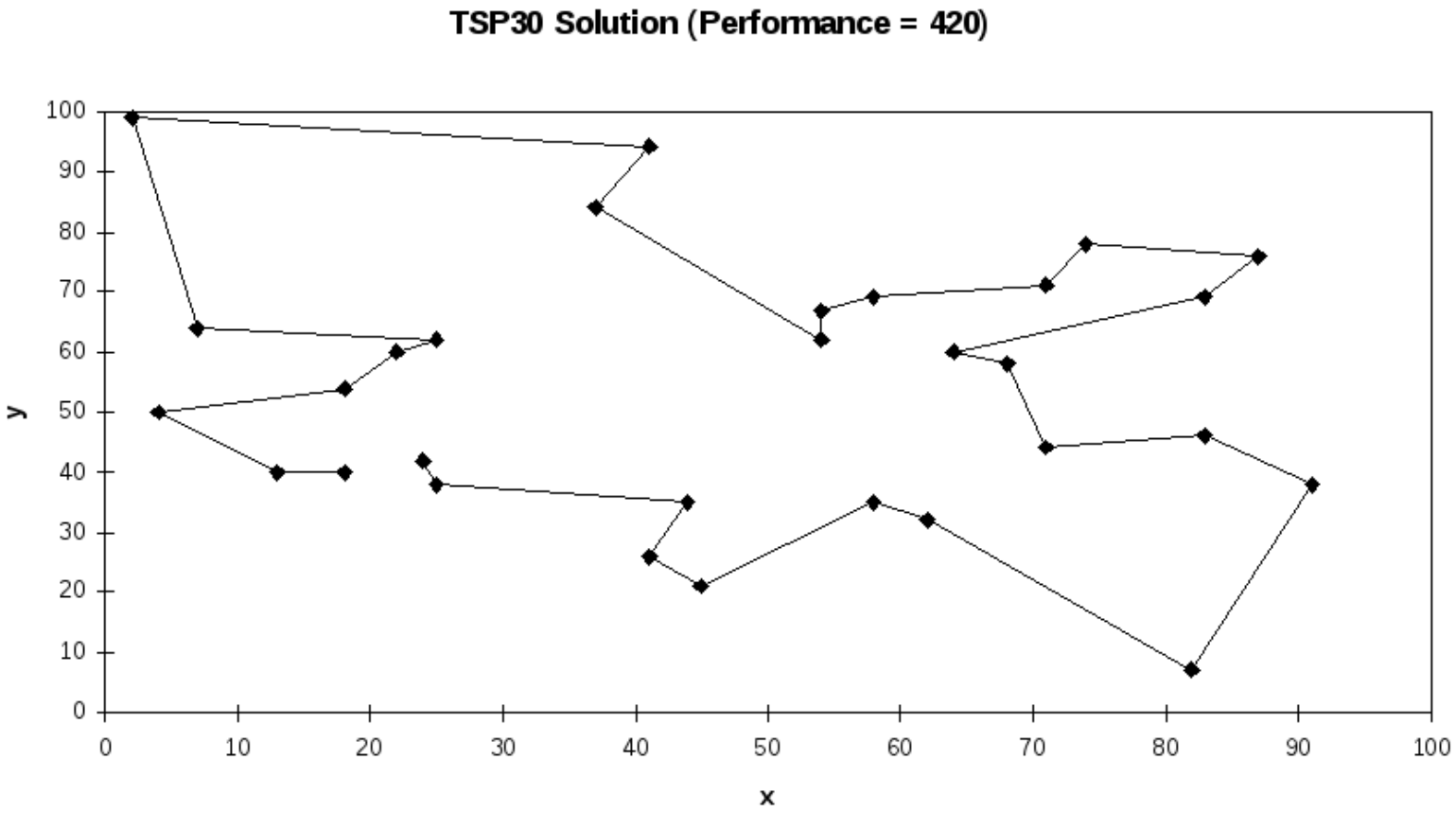
TSP

- Generación 43



TSP

- Generación 100



1 Introducción

2 Algoritmos Genéticos

3 Conclusiones

Conclusiones

- Problemas de los AGs:
  - Hay que elegir demasiadas cosas:
    - representación
    - tamaño de la población, prob. de crossover, prob. de mutación,...
    - operadores de selección, crossover, mutación,...
  - Escalabilidad
  - La solución sólo es tan buena como la función de “fitness”
    - Normalmente la parte más difícil

Conclusiones

- Beneficio de los AGs:
  - Sencillo de entender
  - Modular, separado de la aplicación
  - Permite optimización multi-objetivo
  - Bueno en entornos con ruido
  - Siempre hay una solución
  - Distribuido, paralelo,...

Gracias

GRACIAS!!

Gracias

GRACIAS!!