



ACTIVIDAD 1

1. PRERREQUISITOS

La presente actividad deberá ser realizada tras el estudio de los temas 1, 2, 4, 9 y 14 del libro de texto base de la asignatura: “Fundamentos de la Computación Evolutiva” de Carmona y Galán, editorial Marcombo, año 2020. Se debe estudiar el tema 1, ya que proporciona al alumno una visión general e introductoria del funcionamiento de un algoritmo evolutivo. Se debe estudiar a su vez el tema 2, porque describe las características fundamentales de un algoritmo genético, que es la variante de algoritmo evolutivo en la que se centra esta actividad. En este sentido, recomendamos leer también el tema 4, ya que la programación evolutiva clásica ofrece una perspectiva complementaria a la representación de individuos (mediante máquinas de estados finitos) y, además, la programación evolutiva moderna se acerca conceptualmente a las estrategias evolutivas, de las que se ocupará la Actividad 2. Adicionalmente, es necesario estudiar el tema 14, puesto que entra en detalle sobre el funcionamiento interno de un algoritmo genético: por qué consigue optimizar y cómo se comporta ante problemas de diferente complejidad. Por último, se debe estudiar el tema 9, ya que ofrece herramientas y da pautas para la correcta evaluación de un algoritmo evolutivo, en general, y de un algoritmo genético, en particular.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En esta actividad se aborda el *Problema del Viajante*. El problema del viajante consiste en encontrar un recorrido de longitud mínima entre varias ciudades que las visite una sola vez, partiendo y llegando a la misma ciudad.

3. IMPLEMENTACIÓN

De cara a poner en práctica los conocimientos adquiridos en los temas mencionados en la sección 1 de “Prerrequisitos”, se pide programar desde cero un algoritmo genético para la resolución del problema del viajante. Se puede definir un problema particular del viajante a partir de un fichero de texto donde figure, para cada ciudad, sus coordenadas cartesianas en un espacio bidimensional. Por otra parte, la especificación de los parámetros que necesita el algoritmo genético para su funcionamiento es recomendable realizarla a través de otro fichero de texto adicional.

El algoritmo genético pedido deberá tener las siguientes características específicas:

(1) Representación de cada individuo

Se utilizará una representación que asocie una permutación de las ciudades al genotipo de un individuo.

(2) Función de adaptación (o función *fitness*)

La función fitness asignará a cada individuo la longitud del recorrido asociado a su fenotipo.

(3) Inicialización de la población

Se realizará de forma *aleatoria*, con la restricción de que cada ciudad sólo puede ser visitada una vez en cada recorrido.

(4) Selección de padres

Se realizará mediante *selección por torneo* (véase [Carmona y Galán 2020, sección 2.4.3]).

(5) Cruce

Se realizará mediante *cruce parcialmente mapeado* (véase [Carmona y Galán 2020, sección 2.5.4.3, página 42]) con una *probabilidad de cruce* dada (véase [Carmona y Galán 2020, segundo párrafo de la sección 2.5]).

(6) Mutación

Se realizará mediante *mutación por intercambio* (véase [Carmona y Galán 2020, sección 2.6.4.1, página 47]) con una *probabilidad de mutación* dada (véase [Carmona y Galán 2020, segundo párrafo de la sección 2.6]).

(7) Selección de supervivientes

Se utilizará un *modelo generacional*, que reemplaza toda la población actual por otra nueva (véase [Carmona y Galán 2020, sección 2.7]). Además, se aplicará *elitismo* (véase [Carmona y Galán 2020, segundo párrafo de la sección 2.7]), de modo que el mejor individuo en la población actual es preservado en la siguiente generación, siempre que no haya un individuo en la nueva población con igual o mejor valor de adaptación. En este caso, el individuo a reemplazar en la nueva población puede ser el de menor valor de adaptación o puede ser elegido aleatoriamente.

4. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL

Una vez programado el algoritmo genético, se pide evaluarlo partiendo de las siguientes premisas:

(a) Problemas de prueba

La idea es emplear problemas del viajante de diferente complejidad; por ejemplo, bastaría con un problema sencillo y otro complejo. Por regla general, en problemas sencillos el algoritmo genético será más eficiente (en cuanto a tiempo de ejecución) si aplica más explotación, mientras que en problemas complejos será más eficaz (en cuanto a la calidad de la mejor solución encontrada) si aplica más exploración.

El alumno puede utilizar instancias del problema del viajante que encuentre en internet (para los que probablemente el óptimo global sea conocido) o, de forma alternativa, crear instancias de problemas de forma aleatoria (para los que el óptimo global no tiene por qué ser conocido de antemano). Para este segundo caso, damos aquí a modo **simplemente de sugerencia** una serie de pautas, que **el alumno puede cambiar si así lo desea**:

(1) Crear dos instancias aleatorias, una sencilla con 100 ciudades y otra compleja con 10.000 ciudades.

(2) Generar las coordenadas bidimensionales de cada ciudad de forma aleatoria en un determinado cuadrado de longitud arbitraria.

En último término se trata de generar dos tipos de instancias del problema del viajante: una sencilla de resolver (que produzca mejores resultados al aplicar mayor explotación) y otra difícil de resolver (que produzca mejores resultados al aplicar mayor exploración).

(b) Elección de parámetros del algoritmo genético

Cuando sea posible, el alumno utilizará valores para los parámetros del algoritmo genético recomendados en el texto base de la asignatura o en la literatura. En cualquier caso, de cara a lograr cierta homogeneidad en la implementación de los alumnos, se recomienda fijar el tamaño

de población en 10 individuos para la instancia sencilla y en 100 individuos para la instancia compleja del problema del viajante. (Estos valores pueden ser variados por los alumnos si así lo creen conveniente para su implementación, de cara a obtener resultados lo más ilustrativos posible: que no siempre lleguen al óptimo global, en un extremo, ni que se comporten de forma parecida a una búsqueda aleatoria, en otro extremo.)

(c) Metodología de evaluación

Esta actividad requiere evaluar el algoritmo genético utilizando las medidas y tipos de gráficas que aparecen en el capítulo 9 del texto [Carmona y Galán 2020]. Por ejemplo, la tasa de éxito o las curvas de progreso son dos herramientas útiles para ilustrar el funcionamiento del algoritmo genético, junto con otras que aparecen en el capítulo 9 y que el alumno pueda considerar necesarias. También puede resultar de interés el medir el tiempo de ejecución empleado. Para que todas estas medidas sean significativas estadísticamente, se recomienda tomar medias para un número suficientemente amplio de ejecuciones (repetidas para una misma instancia del problema de optimización y para un mismo conjunto de parámetros del algoritmo).

Se pide, tanto para la instancia sencilla como para la instancia compleja del problema del viajante, **evaluar el algoritmo genético en función de la probabilidad de cruce** empleada en la fase de cruce.

5. CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Por último, los criterios de calificación de esta actividad son los siguientes:

- **Programación del algoritmo genético** (4 puntos sobre 10)

El alumno deberá entregar tanto el código fuente como el ejecutable. Se valorará la correcta estructuración del código, la programación de forma modular y la inclusión de comentarios adecuados. Por otra parte, de cara a que el código desarrollado en esta actividad puede ser reutilizado y ampliado en futuras actividades o trabajos, se valorará también que se separen claramente aquellas partes que pueden ser comunes a cualquier algoritmo evolutivo (por ejemplo, la selección de padres y la selección de supervivientes) de aquellas que son propias del problema o representación actuales (por ejemplo, la mutación).

- **Evaluación del algoritmo genético** (4 puntos sobre 10)

La principal pregunta que hay que responder en este apartado es qué relación existe entre la probabilidad de cruce y la eficacia (y eficiencia) del algoritmo genético, es decir, cómo influye la probabilidad de cruce en la calidad (y en la velocidad de convergencia) de los resultados obtenidos tanto para una instancia sencilla del problema del viajante como para otra compleja. Dicho de otro modo, ¿es conveniente variar el grado de exploración para una instancia compleja respecto a otra sencilla? Para dar respuesta a esta pregunta, el alumno deberá apoyarse en los experimentos que realice y en los resultados que obtenga de los mismos.

- **Redacción de la memoria de la actividad (o informe técnico)** (2 puntos sobre 10)

El alumno deberá entregar la memoria de la actividad en formato PDF a través del curso virtual de la asignatura en la plataforma aLF. La memoria debería contener al menos las siguientes secciones: "Introducción", "Descripción del Problema del Viajante", "Implementación", "Evaluación Experimental" y "Conclusiones". Se valorará la redacción clara, la presentación de los resultados experimentales de una forma ilustrativa y la discusión de los mismos de una manera lógica.