

## Práctica 2: Control de tráfico aéreo

entrega: 21 de marzo

La Asociación de Controladores Aéreos (ACA) nos ha pedido implementar un algoritmo evolutivo para planificar el tráfico de llegadas de vuelos a pistas de aterrizaje. Debemos gestionar  $n$  vuelos y  $m$  pistas de aterrizaje. El sistema debe asignar un orden a las llegadas de los  $n$  vuelos a las  $m$  pistas de aterrizaje. Los datos de partida son los siguientes:

Para cada uno de los  $n$  vuelos, se dispone de un tiempo estimado de llegada (**TEL**) a cada una de las  $m$  pistas disponibles (se trata del tiempo mínimo para alcanzar la pista). Se supone que todas las posibles restricciones sobre el vuelo (condiciones climáticas, potencia de motores, etc.) están incluidas en estos valores TEL. El tiempo planificado al asignar un vuelo a una pista no puede ser anterior que el correspondiente TEL.

Todos los vuelos que se asignan a una misma pista tienen que cumplir reglas de separación específicas entre aviones, en base al tipo de los aviones. Se consideran tres tipos de aviones: **Pesado (W)**, **Grande (G)**, **Pequeño (P)**. El tiempo de separación depende de la pista y del tipo de avión, y es un dato de entrada (matriz SEP).

Cuando se asigna un vuelo a una pista, el retardo resultante se define como la diferencia entre el tiempo de llegada asignado (TLA) y el menor TEL de ese vuelo en todas las pistas. Consideremos dos aeropuertos diferentes.

### Caso 1: Aeropuerto 1 ( $n=12$ vuelos y $m=3$ pistas)

Utilizaremos los siguientes datos para el caso 1: (fichero **vuelos1.txt**)

vuelo	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12
IDENTIFICADOR	UA138	UA532	UA599	NW358	UA2987	AA128	UA1482	NW357	AA129	UA2408	UA805	AA309
TIPO	W	G	W	W	P	W	G	W	W	P	W	G

La lista de Tiempos estimados de llegada (**TEL**) para los 12 vuelos y las 3 pistas viene dada por la siguiente matriz: (**TEL1.txt**)

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12
P1	11	15	6	6	9	7	15	6	6	9	7	9
P2	10	17	7	7	12	6	17	7	7	12	6	7
P3	9	19	8	8	15	5	19	8	8	15	5	5

Todos los vuelos que se asignan a una misma pista tienen que cumplir reglas de separación específicas entre aviones, en base al tipo de los aviones. Así, toda secuencia de aterrizaje debe satisfacer los requisitos de separación entre vuelos, que se especifican por la matriz **SEP**. La matriz de **SEP** usada en **todos los aeropuertos** es:

$$\begin{bmatrix} & W & G & P \\ W & 1 & 1.5 & 2 \\ G & 1 & 1.5 & 1.5 \\ P & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

donde las filas representan el tipo del avión que llega, y las columnas representan al avión posterior. Por ejemplo, un avión pequeño (P) que sigue a uno pesado (W) requiere 2 unidades de tiempo de separación, mientras que un avión grande (G) que sigue a uno pequeño (P) sólo requiere 1 unidad de tiempo.

## Representación de los individuos

Un individuo se representa por una secuencia de enteros (números de vuelo). Cada individuo o cromosoma es una permutación de los vuelos y representa una lista de prioridad entre vuelos: avanzando por la lista, deberemos asignar a cada vuelo la pista y el tiempo que minimicen su TLA, y así su retardo. Los requisitos de separación se tienen en cuenta al calcular su TLA.

Ejemplo de individuo-cromosoma (Genotipo): **[8, 9, 10, 11, 12, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1]**

<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
NW357	AA129	UA2408	UA805	AA309	UA1482	AA128	UA2987	NW358	UA599	UA532	UA138
W	W	P	W	G	G	W	P	W	W	G	W

El individuo anterior representa la siguiente asignación de vuelos a pistas (Fenotipo):

Pista 1			Pista 2			Pista 3		
vuelo	nombre	TLA	vuelo	nombre	TLA	vuelo	nombre	TLA
<b>8</b>	<b>NW357</b>	6.0	<b>6</b>	<b>AA128</b>	6.0	<b>11</b>	<b>UA805</b>	5.0
<b>9</b>	<b>AA129</b>	7.0	<b>5</b>	<b>UA2987</b>	12.0	<b>12</b>	<b>AA399</b>	6.5
<b>10</b>	<b>UA2408</b>	9.0				<b>4</b>	<b>NW358</b>	8.0
<b>7</b>	<b>UA1482</b>	15.0				<b>3</b>	<b>UA599</b>	9.0
<b>2</b>	<b>UA532</b>	16.5				<b>1</b>	<b>UA138</b>	10.0

## Función de adaptación o fitness

Para calcular el fitness necesitamos ver el tiempo de aterrizaje que le corresponde a cada vuelo de acuerdo con el orden de la secuencia de vuelos del individuo, las pistas asignadas y las restricciones del problema. El fitness o adaptación de un individuo se define como la suma del cuadrado de todos los retardos, y es un valor a **minimizar**.

```
fitness = 0;
para cada vuelo del individuo hacer

    //calculamos el TLA del vuelo a cada pista
    TLA = máximo (TLA(v_anterior) + sep(v_anterior, v_actual), TEL);
    // se asigna el vuelo actual a la pista con mínimo TLA (menor_TLA)

fitness = fitness + (menor_TLA - menor_TEL)2
//menor_TEL: menor TEL de ese vuelo en todas las pistas.
```

Ejemplo de individuo con fitness óptimo 11.25: [8, 9, 12, 6, 4, 11, 5, 10, 3, 2, 7, 1]

Pista 1			Pista 2			Pista 3		
vuelo	nombre	TLA	vuelo	nombre	TLA	vuelo	nombre	TLA
8	NW357	6.0	6	AA128	6.0	12	AA309	5.0
9	AA129	7.0	4	NW358	7.0	11	UA805	6.0
5	UA2987	9.0	3	UA599	8.0	1	UA138	9.0
10	UA2408	10.0						
2	UA532	15.0						
7	UA1482	16.5						

- **Métodos de selección:** Ruleta, Torneos, Estocástico, Restos, Truncamiento y **Ranking**
- **Operadores de cruce:** PMX, Cruce por Orden (OX), OX posiciones prioritarias, CX, CO y un método propio.
- **Operadores de Mutación:** Inserción, Intercambio, Inversión, Heurística y un método propio.

## Caso 2: Aeropuerto 2 (n=25 vuelos y m=5 pistas)

Utilizaremos los datos de vuelos del fichero **vuelos2.txt** y los tiempos de llegada TEL para los 25 vuelos y las 5 pistas se encuentran en el fichero **TEL2.txt** (disponibles en el campus).

Para comprobar que el algoritmo funciona correctamente se debe buscar una forma de ir presentando por pantalla la asignación de vuelos a pistas y la hora o tiempo que se asigna a cada vuelo. Al terminar la ejecución el resultado final debe presentarse de forma clara para que sea inteligible para el usuario.

Se puede incluir en la práctica cualquiera de las mejoras vistas en clase.

## Entrega

- ❑ **Plazo de entrega: 21 de marzo a las 20:00.** Se debe entregar mediante la tarea de entrega del Campus Virtual un archivo comprimido con el código java de la aplicación (**proyecto en Eclipse**) que incluya una breve memoria que contenga el estudio de las gráficas y los resultados obtenidos con cada función. Aquí se valorarán las conclusiones y observaciones que se consideren interesantes respecto al resultado obtenido.
- ❑ No olvides nombrar correctamente el proyecto e incluir en el código todas las librerías necesarias. El archivo comprimido y el nombre del proyecto Eclipse tienen que ser **GXXP2**, donde XX es el número de grupo. Ejemplo nombre del proyecto-archivo: **G01P2** (por ejemplo, para el grupo 01).
- ❑ En el archivo comprimido se incluirá una muy breve memoria con una portada con el nombre de los integrantes del grupo y el número de grupo. La memoria deberá contener:
  - Una ejecución representativa de cada uno de los casos de prueba indicando el individuo solución, aptitud máxima, mínima, media, total de cruces, mutaciones y Gráfica de evolución.
  - Visualización de la asignación de aviones a pistas.
  - Conclusiones y análisis de los resultados.
  - Una breve descripción del **reparto de tareas** entre los miembros del grupo.
- ❑ **La corrección se matizará mediante una evaluación presencial con preguntas o mediante un test el miércoles 3 de abril en la sesión del laboratorio.** Es importante conocer bien la práctica y los aspectos teóricos en los que se basa, pues es lo que determina la calificación final.