

**PROYECTO COMPUTACIONAL:**  
**Predicción del Clima para la planificación de rutas aéreas**



Actualmente, es indiscutible la gran importancia que tienen los recursos aéreos para el transporte diario en un país. Específicamente en los Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.), solamente en el año 2008, de acuerdo a las estadísticas de la Administración de la Tecnología Innovadora y de Investigación (Research and Innovative Technology Administration, RITA), el total de abordajes de pasajeros en los cincuenta (50) aeropuertos más importantes de los EE.UU. fue de 697.365.141 y en el 2007 fue de 726.428.614. Considerando este volumen de solicitudes (aproximadamente 1.950.000 al día) es lógico querer disminuir los retrasos en los vuelos, los cuales son causados, en la mayoría de los casos, por factores climatológicos. De hecho, según artículos de estudio en la materia, desde mayo hasta agosto del 2005, el 70% de los retrasos de los vuelos se debió a estas causas.

El pronóstico del tiempo (conocido también como pronóstico meteorológico o predicción meteorológica) es un área de la física que estudia la aplicación de la tecnología disponible para predecir el estado de la atmósfera, para un periodo de tiempo futuro en una localidad o región dada. Claramente, estos estudios vinculados con estudios estadísticos, permiten analizar las probabilidades de que en una ruta dada, el clima cause retrasos en los horarios de los vuelos, como consecuencia de tener que rodear las zonas de clima potencialmente peligroso.

En los EE.UU., la Administración Federal de Aviación (Federal Aviation Administration, FAA) ha logrado conformar una base de datos de las rutas aéreas de cada una de las aerolíneas dentro de su país. Esta información está conformada por un conjunto de ciudades y las rutas aéreas existentes entre estas, las cuales se consideran definidas en ambos sentidos. Para cada ruta se posee información sobre los valores de retraso sufridos en los últimos días anteriores, los cuales se denotan  $d_i$  ( $1 \leq i \leq k$ ) y varían dentro del intervalo real cerrado  $[0, 1]$ . A mayor valor de  $d_i$  mayor es el retraso sufrido.

Por otra parte, el organismo encargado de los estudios relacionados con el pronóstico del tiempo es la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA). Dicho organismo dispone de una base de datos de estudios estadísticos donde a cada ruta aérea definida entre un par de

ciudades, se le asigna un conjunto de valores de probabilidad de clima potencialmente peligroso, resultado de muestras tomadas durante días precedentes. Estos son denotados como  $p_i$  ( $1 \leq i \leq k$ ) y varían en el intervalo real  $[0, 1]$ . A mayor valor de  $p_i$  mayor es la presencia de clima potencialmente peligroso.

Con estos datos es posible determinar, para cada ruta, el promedio probable de retraso escalado, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Promedio\_Probable\_de\_Retraso\_Escalado} = \left( \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k p_i d_i \right) \times 100$$

Es por todo esto, que la FAA en conjunto con el conglomerado de aerolíneas de los EE.UU. y con apoyo de la NOAA, lo ha contratado para el desarrollo de una aplicación para la asistencia computacional en la planificación diaria de las rutas aéreas de una aerolínea cualquiera, a través del análisis del promedio probable de retraso escalado para cada ruta.

La aplicación debe contemplar el cálculo necesario (discutido previamente) para cada ruta directa entre cada par de ciudades, dados sus pares de datos asociados. Luego, en base a un modelo de rutas dado para un día cualquiera de parte de alguna de las aerolíneas, se debe poder extraer el subconjunto de rutas que considere todas las ciudades del modelo propuesto y que representen el menor riesgo de retrasos.

En resumen, la aplicación debe cumplir con los siguientes requerimientos: Dada la información sobre un mapa de rutas aéreas (consideradas bidireccionales) entre pares de ciudades, de parte de una aerolínea, y la información de las probabilidades de clima peligroso y de retrasos, de días anteriores, se debe:

1. Representar fielmente el diseño del sistema aéreo. Esto incluye, las ciudades y las rutas, así como también, los pares de valores (probabilidades y retrasos correspondientes al período de muestreo de los días anteriores).
2. Calcular para cada ruta, el promedio probable del retraso escalado en función de los valores de probabilidad y de los valores de retraso.
3. Partiendo del resultado obtenido, determinar que rutas deberían ser consideradas como “suspendidas”, cuando su promedio probable de retraso escalado sobrepase un valor de tolerancia dado ( $0 \leq t \leq 100$ ).
4. Determinar el conjunto de rutas que considere todas las ciudades del modelo original dado; pero que representen los menores valores de promedio probable de retraso escalado.
5. En base al resultado previo, para un conjunto de pares de ciudades origen-destino, verificar la posibilidad de partir del origen y poder llegar al destino, especificando las ciudades donde se haga escala durante el recorrido.

En base a todo lo anterior:

- (a) Modele el problema usando teoría de grafos.
- (b) Construya el(los) algoritmo(s) que permitan satisfacer los requerimientos planteados. Recuerde que debe validar los datos de entrada.

- (c) Implemente su solución algorítmica en un programa de computación, utilizando el **lenguaje de programación ANSI C**, bajo ambiente Linux, distribución **Centos**.
- (d) El programa debe permitir la entrada/salida de datos tanto por pantalla como por archivo. Para la lectura/escritura por archivo, se debe tomar en cuenta las especificaciones de la secuencia de datos de entrada/salida en documento anexo.

**PRIMERA ENTREGA:**

**Día:** \_\_\_\_\_, **fecha:** \_\_\_\_\_.

- (1) Modelado del problema, usando las herramientas de la teoría de grafos.
- (2) Diseño de las estructuras de datos (Matrices, vectores, registros, etc.).
- (3) Análisis del problema (¿Qué se tiene? ¿Qué se pide? ¿Cómo se resuelve?) y solución algorítmica en alto nivel.

**SEGUNDA ENTREGA:**

**Día:** \_\_\_\_\_, **fecha:** \_\_\_\_\_.

Colocar en un sobre manila tamaño carta, sellado e identificado, un CD con el programa y la documentación que se especifica en documento anexo.

**DEFENSA DEL PROYECTO:**

**De fecha 1:** \_\_\_\_\_, **a fecha 2:**

\_\_\_\_\_.

Oportunamente se publicará el día y hora que corresponda a cada equipo.

**OBSERVACIONES:**

- Los equipos de trabajo son de dos o tres personas (depende del profesor), no se permiten trabajos individuales ni de más de tres personas.
- Estos equipos deben mantenerse durante la primera y segunda entrega. En la primera entrega se dará por entendido la conformación de los mismos.