LABORATÓRIO - 2018

DCTA - ITA - IEC

Objetivo: Implementar algoritmo aproximativo para o *Problema do Caixeiro Viajante.*

Descrição

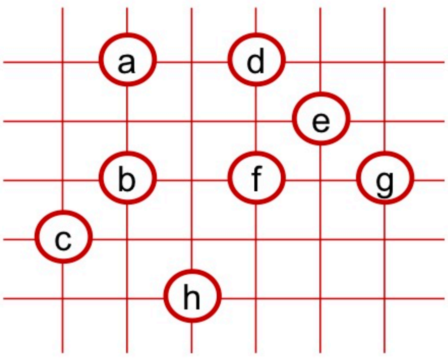
O *Problema do Caixeiro Viajante* (*Travelling Salesman Problem*) é um conhecido problema de combinatória, que pode ser formulado da seguinte maneira: dadas **`n`** cidades e as distâncias entre elas, qual é o menor ciclo possível que passe por todas? Este problema tem grande importância na Teoria de Computação: é NP-Difícil, ou seja, não se conhece nenhuma resolução de tempo polinomial em **`n`**.

No entanto, há um conhecido algoritmo aproximativo de tempo polinomial em **`n`** para este problema, que encontra uma solução cujo valor é menor que o dobro da solução ótima. Para que este algoritmo possa ser aplicado, algumas condições são necessárias:

a) O grafo referente às cidades deve ser completo, ou seja, sempre há um caminho entre qualquer par de cidades.

b) As distâncias entre os vértices são euclideanas.

Vamos descrever este algoritmo através de um exemplo. Considere o mapa abaixo, com **`n`** = 8, e o seu arquivo de entrada:




```
8
1 2 5
2 2 3
3 1 2
4 4 5
5 5 4
6 4 3
7 6 3
8 3 1
```

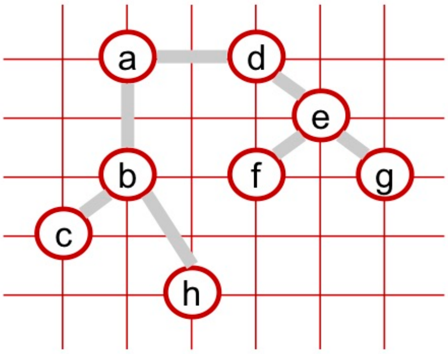
Considere que o valor **`n`** é sempre maior ou igual a 1

`\n` no final

Seu programa deverá ler o arquivo de entrada e gerar o correspondente grafo completo, utilizando <u>armazenamento por listas de adjacências</u>. Repare que os vértices serão sempre representados por números de 1 a **`n`**. Lembre-se também de que, a partir das coordenadas de cada par de vértices, será preciso calcular a distância entre eles. Para evitar divergências no arredondamento, a distância deverá ser um valor inteiro. Considerando os vértices i e j, a distância **`dij`** entre eles deverá ser calculada do seguinte modo, onde a função **`nint(x)`** deve ser calculada como **`(int) (x + 0.5)`**:

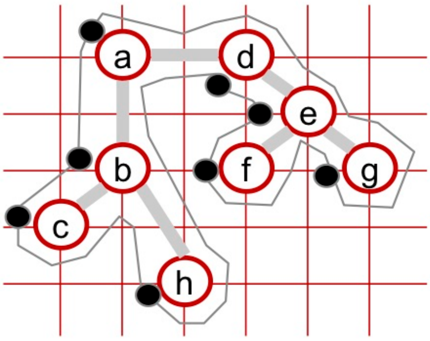
```
xd = x[i] - x[j];
yd = y[i] - y[j];
dij = nint( sqrt( xd*xd + yd*yd) );
```

Em seguida, você deverá calcular a *árvore geradora de custo mínimo* deste grafo, através do algoritmo de Prim apresentado no Capítulo 9 do nosso curso (para isso, deverá utilizar uma estrutura de *heap*, como indicado nas notas de aula). No exemplo anterior, veja a árvore encontrada, que chamaremos de T:



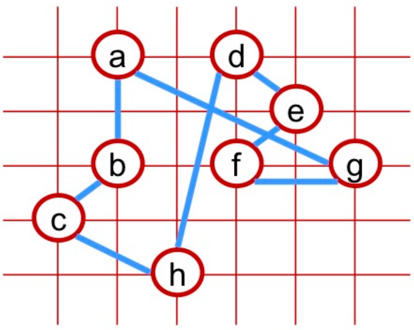
T

Uma possível solução para o *Problema do Caixeiro Viajante* pode ser obtida através de um ciclo C' ao redor de T, onde cada aresta dessa árvore é percorrida duas vezes. Veja na figura abaixo como seria C' calculado a partir da cidade a, (os pontos negros indicam a primeira vez que cada vértice é visitado):



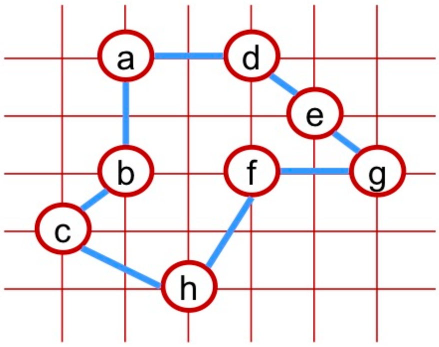
C'

Esta solução pode ser melhorada evitando-se arestas que incidam em vértices já visitados, ou seja, incluem-se apenas arestas para o próximo vértice ainda não visitado. Veja abaixo como ficaria o novo ciclo calculado, chamado de C, que pode ser construído a partir de C' e dos pontos negros:



C

Este ciclo C é a nossa solução aproximada. Como foi dito, não há nenhuma garantia de que seja ótima. Para este exemplo, o ciclo de custo mínimo C* está indicado na figura abaixo:



C*

No entanto, é possível demonstrar uma importante propriedade da solução C. Lembrando:

- T: árvore de espalhamento de custo mínimo
- C': ciclo ao redor de T, com repetição de arestas
- C: ciclo baseado em C', sem repetição de arestas
- C*: ciclo de custo mínimo

Seja c(G) o custo associado a um grafo G. Se removermos uma aresta qualquer do ciclo mínimo C*, obteremos uma árvore de espalhamento. Portanto, $c(T) < c(C^*)$.

Em C', cada aresta de T ocorre exatamente 2 vezes. Logo, $c(C) \leq c(C') = 2.c(T)$, ou seja, $c(C) < 2.c(C^*)$. Em outras palavras, a solução C não é necessariamente ótima, mas seu custo é sempre menor que o dobro da solução ótima.

Entrada

Seu programa deverá ler do *console* um número inteiro positivo m, onde $1 \leq m \leq 99$. Em seguida, deverá ler automaticamente m arquivos de entrada, presentes no mesmo diretório em que seu programa foi compilado, cujos nomes são **`ent01.txt`**, **`ent02.txt`**, ..., **`ent`**m**`.txt`**, considerando m com exatamente dois dígitos decimais.

Cada um desses m arquivos terá o seguinte formato:

a) Primeira linha: um número **`n`** de cidades.

b) Próximas **`n`** linhas: são formadas por 3 valores. O primeiro valor é um inteiro positivo i, onde $1 \leq i \leq$ **`n`**, sem repetição, que é o índice de cada cidade. Na frente de i, há dois valores reais, que correspondem às coordenadas x[i] e y[i].

Seu programa deverá representar cada uma dessas entradas através de um <u>grafo não orientado</u>, utilizando listas de adjacências como visto em sala de aula. Para armazená-los, utilize, por exemplo, a seguinte estrutura de dados (**`vertices`** é um vetor alocado dinamicamente):

```
struct CelAdj {
  int vert;
  int distancia;
  CelAdj *prox;
};
struct CelVert {
  CelAdj *listaAdj;
};
struct grafo {
  int nvert;
  CelVert *vertices;
};
```

Importante:

- Nos grafos não orientados, lembre-se de que cada aresta deve estar presente na lista de adjacências de ambos os vértices incidentes.
- Cuidado para não "estourar" a memória ao longo da bateria de m testes. Para isso, utilize uma forma adequada de alocação, cada vez que for necessário criar um novo grafo.

Saída

Seu programa deverá <u>gerar um único arquivo</u> **`saida.txt`** com exatamente m linhas, onde na linha i, $1 \leq i \leq m$, estará apenas um número inteiro positivo correspondente ao valor da solução encontrada para a entrada **`enti.txt`**.

Importante

- O processo de correção consistirá na submissão automática do seu programa a essa bateria de m testes. Por isso, a formatação de entrada e de saída deve ser obedecida rigorosamente.
- Não é necessário verificar a consistência dos dados de entrada: você pode supor que cada arquivo de entrada seguirá perfeitamente a estrutura indicada acima.
- Seu programa deverá estar escrito necessariamente em linguagem C++ ou C, e será compilado pelo *CodeBlocks*.
- Ele deverá estar em um único arquivo de código fonte, chamado **`TSP.cpp`**. Para entrada e saída, use a biblioteca **`stdio.h`** (e não **`conio.h`**).
- No programa principal, escreva **`int main`** (e não **`void main`**).
- Atenção com o prazo de entrega, indicado abaixo. Será descontado 1 ponto da nota por dia de atraso.
- Sugestão: não deixe para fazer seu *upload* no último momento, pois sempre há o risco de falta de energia elétrica, o que impossibilitaria o funcionamento do Tidia.

Entrega (através do TIDIA)

- **Prazo impreterível**: 20 de junho, domingo, às 23h55.