TP2LC1G26

November 21, 2021

1 Trabalho Prático 2

Ex.1 :

[ ]:
```
!pip install z3-solver
from z3 import *
from networkx import *
import networkx as nx
import random
import numpy
```

```
Requirement already satisfied: z3-solver in
c:\users\hugon\appdata\local\programs\python\python39\lib\site-packages
(4.8.12.0)
```

1. Um sistema de tráfego é representado por um grafo orientado ligado. Os nodos denotam pontos de acesso e os arcos denotam vias de comunicação só com um sentido . > O grafo tem de ser ligado o que significa que entre cada par de nodos n1, n2 tem de existir um caminho $n_1 \rightsquigarrow n_2$ e um caminho $n_2 \rightsquigarrow n_1$.

   a. Gerar aleatoriamente um tal grafo com $N = 32$ nodos. Cada nodo tem um número aleatório de descendentes no intervalo 1..3 cujos destinos são distintos entre si do nodo origem.

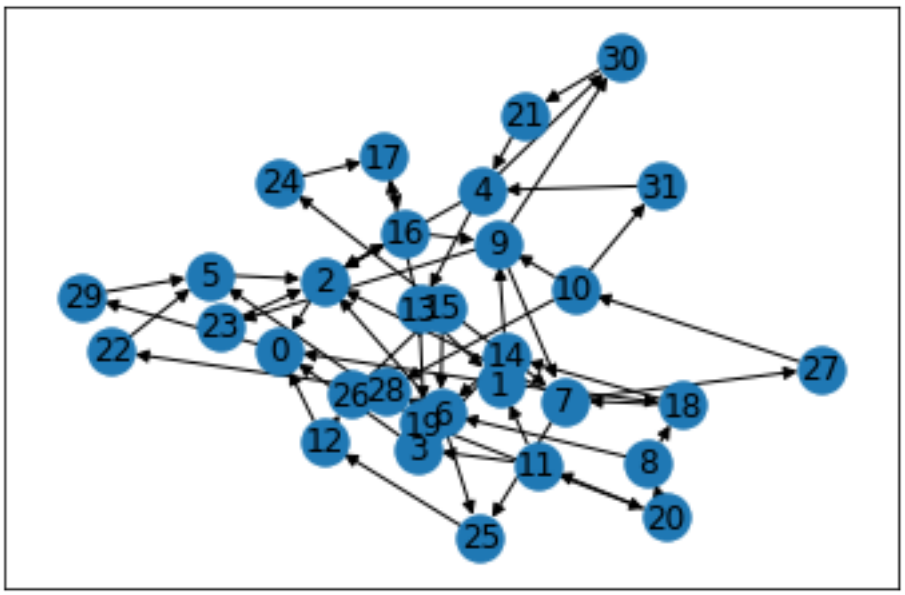
Para gerar o grafo de N nodos (neste caso, como pedido, é 32) usamos a função ***constroi_grafo*** e a ***adiciona_nodos***. A *adiciona_nodos* recebe o número total de nodos e o número máximo de descendentes, logo cada nodo terá entre 1 e D descendentes. Para cada nodo decide de forma aleatória o número de descendentes que vai ter dentro do limite descrito anteriormente. Em seguida, decide o destino do descendente confirmado que não é *loop* e que não há dois descendentes com o mesmo destino. A função *constroi_grafo*, após chamar a função descrita anteriormente com as caracteristicas pedidas, verifica se o grafo é ligado ou não. Caso seja, retorna o grafo, caso não seja, volta a chamar a função *adiciona_nodos*.

[ ]:
```
def grafo(Nr_Nodos, Nr_Descendentes):
  G = nx.gnr_graph(Nr_Nodos,0.1)
  while(is_strongly_connected(G) != True):
    G = nx.gnr_graph(Nr_Nodos,0.1)
    G = constroi_grafo(G,Nr_Nodos, Nr_Descendentes)
  return G
```

```
def constroi_grafo(G,Nr_Nodos, Nr_Descendentes):

    for origem in G:
        sem_caminho = [destino for destino in G if destino != origem and nx.
↪has_path(G,origem,destino) == False]
        descendentes = random.randint(1,Nr_Descendentes)
        while(sem_caminho != [] and G.out_degree(origem) < descendentes):
          destino = random.choice(sem_caminho)
          G.add_edge(origem,destino)
          sem_caminho = [destino for destino in G if nx.
↪has_path(G,origem,destino) == False]


    return G
```

[ ]:
```
#Variáveis
#N - Número de nodos
#D - Número máximo de descendentes
N = 32
D = 3

G = grafo(N,D)
print(is_strongly_connected(G))
nx.draw_networkx(G)
```

```
True
```



b. Pretende-se fazer manutenção interrompendo determinadas vias. Determinar o

maior número de vias que é possível remover mantendo o grafo ligado. Restrições:

1ª Restrição: > Associa-se um valor a cada aresta. Este pode ser 1 caso esteja presente no gráfico, ou 0 caso não esteja. Seja a uma aresta e A um conjunto de arestas do gráfico. a A, 0 $arestas_a$ 1

2ª Restrição: >Para cada par de nodos, calcula-se a lista de caminhos entre eles. Depois verifica-se a validade de cada caminho multiplicando o valor associado a cada aresta do caminho. O resultado é 1 caso todas as arestas estejam presentes, ou 0 caso uma das arestas não esteja. Por fim somamos estes valores e, para cada par de nodos, terá de ser maior ou igual a 1, ou seja, tem de existir no mínimo um caminho no qual todas as arestas têm de estar presentes. Seja o e d nodos do gráfico, N o conjunto de nodos e a uma aresta pertencente aos caminhos (C).

$$\forall_{o,d\ N}, \sum_{c\ C}(\ a) >= 1$$

3ª Restrição: > É usada a função minimize para minimizar o valor associado a cada aresta, de maneira a ter o menor número de arestas possível no grafo final.

$$\sum_{a\ A} arestas_a$$

[ ]:
```
def desconectar_arestas(G, Nr_Nodos, Nr_Descendentes):
    arestas = {}
    #Criar a instancia do solver
    solver = Optimize()

    #Criar um dicionario para armazenar as arestas do grafo
    for aresta in G.edges():
        arestas[aresta] = Int(str(aresta))
        solver.add(arestas[aresta]>=0,arestas[aresta]<=1)

    for o in G.nodes():
      for d in G.nodes():
          if o != d:
            solver.add(sum([Product([arestas[aresta] for aresta in i]) for i in␣
↪list(nx.all_simple_edge_paths(G,o,d))]) >= 1)

    solver.minimize(sum(list(arestas.values())))

    if solver.check() == sat:
        m = solver.model()
        return([aresta for aresta in G.edges() if m[arestas[aresta]] == 0])
    else:
        print("unsat")
```

[ ]:
```
da = desconectar_arestas(G, N, D)
print(da)
print('Número de linhas interrompidas:',len(da))
```

```
for (a,b) in da:
    G.remove_edge(a,b)
print(nx.is_strongly_connected(G))
nx.draw_networkx(G)
```

```
[(1, 0), (2, 0), (4, 2), (4, 30), (6, 2), (6, 25), (7, 2), (8, 18), (9, 7), (10,
9), (10, 28), (11, 3), (12, 0), (13, 1), (13, 17), (14, 9), (14, 6), (15, 7),
(15, 6), (16, 2), (19, 5)]
Número de linhas interrompidas: 21
True
```