

```
In [ ]: import pandas as pd
df=pd.read_csv("contacts.csv")
covid=nx.from_pandas_edgelist(df,source="reporting_user",target="contact_user")
plt.figure(figsize=(100,100))
nx.draw_networkx(covid)
plt.show()
```

```
In [ ]: plt.figure(figsize=(10,10))
sns.scatterplot(data=df,x='reporting_user',y='contact_user')
plt.show()
```

```
In [ ]: import csv
from tqdm import tqdm
import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
```

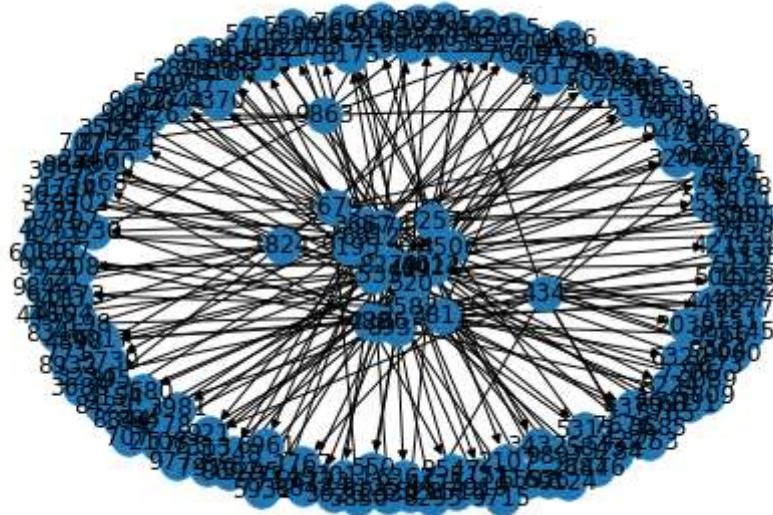
```
In [ ]: import networkx as nx
G = nx.DiGraph()
```

```
In [ ]: with open('contacts.csv', 'r') as f:
    data = csv.reader(f)
    i=1
    headers = next(data)
    for row in tqdm(data):
        i=i+1
        if i==201:
            break
        G.add_node(row[0]) #superhero in first column
        G.add_node(row[1]) #superhero in second column
        if G.has_edge(row[0], row[1]):
            # edge already exists, increase weight by one
            G[row[0]][row[1]]['weight'] += 1
        else:
            # add new edge with weight 1
            G.add_edge(row[0], row[1], weight = 1)
```

```
In [ ]:
```

```
In [ ]:
```

```
In [68]: nx.draw(G, with_labels=True)
plt.show()
```



```
In [9]:
```

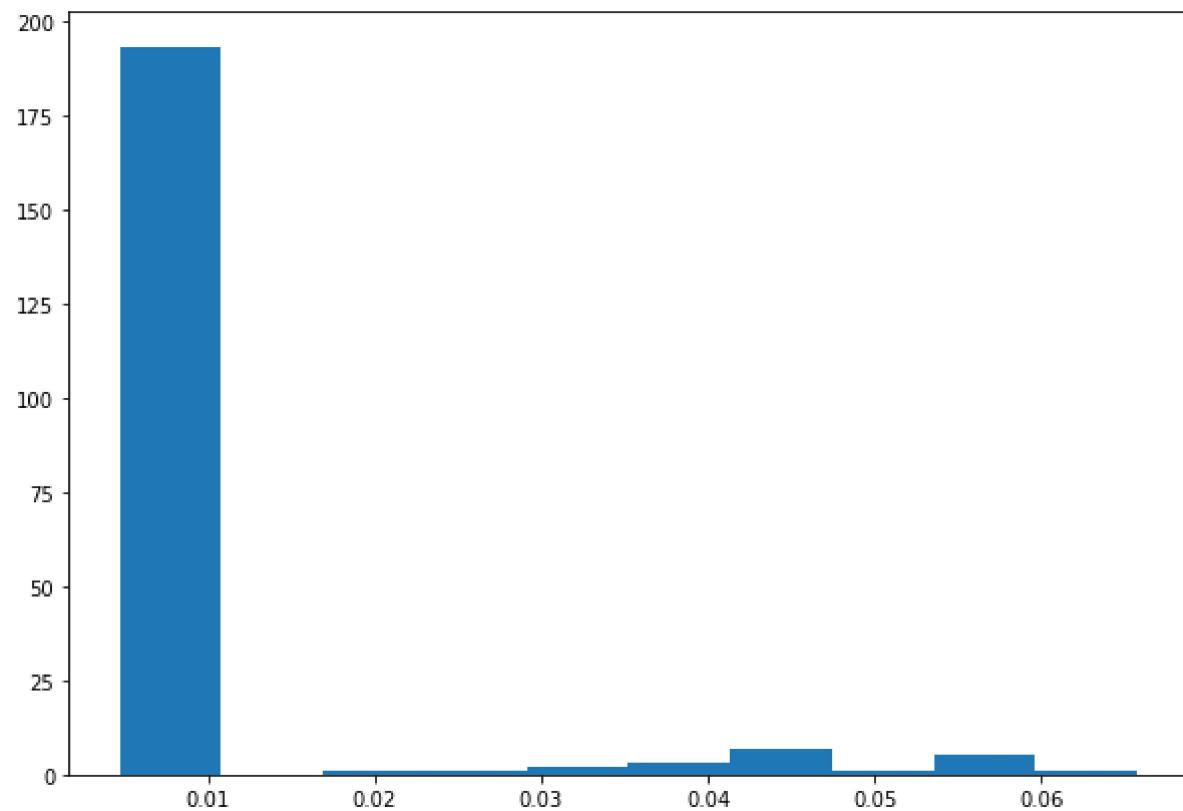
Calculating Degree Centrality

```
In [ ]: deg_centrality = nx.degree_centrality(G)
print(deg_centrality)
```

```
In [11]:
```

Visualizing Degree Centrality

```
In [12]: l=[deg_centrality[key] for key in deg_centrality]
a=np.array(l)
fig, ax = plt.subplots(figsize =(10, 7))
ax.hist(a)
plt.show()
```



```
In [13]:
```

Calculating Closeness Centrality

```
In [20]: close_centrality = nx.closeness_centrality(G)
print(close_centrality)
```

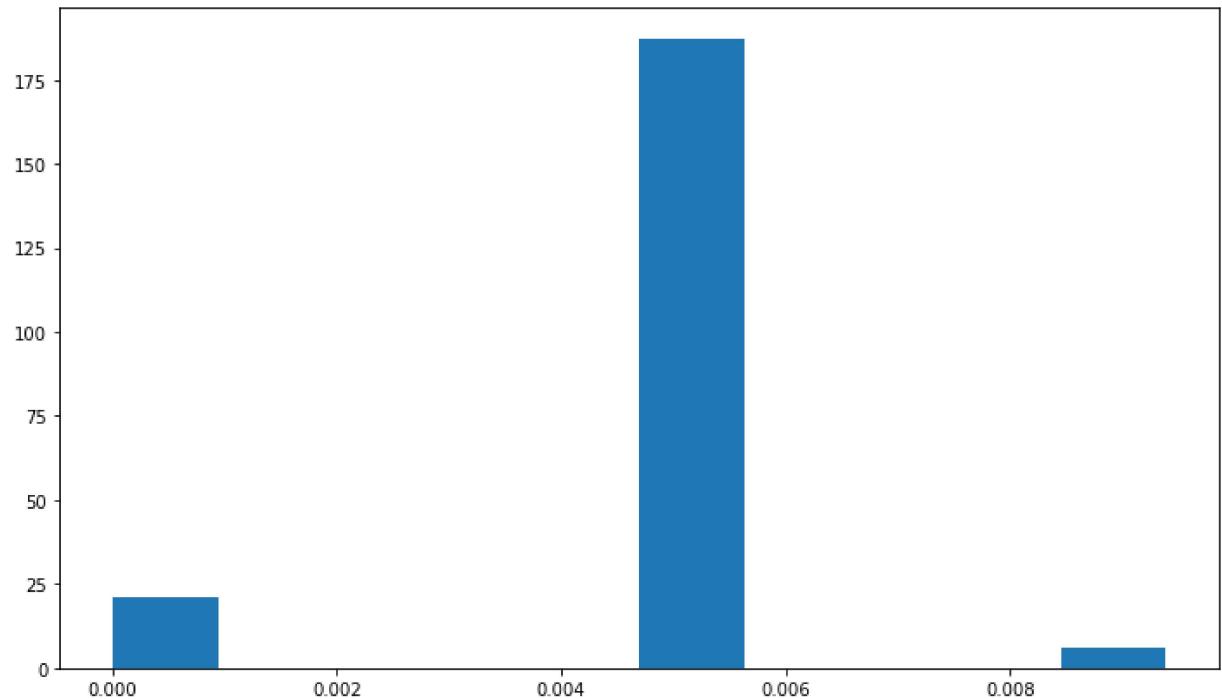
```
{'1824': 0.0, '3629': 0.004694835680751174, '4104': 0.004694835680751174, '9844': 0.004694835680751174, '7691': 0.004694835680751174, '2039': 0.004694835680751174, '1724': 0.004694835680751174, '895': 0.004694835680751174, '409': 0.0, '8821': 0.009389671361502348, '5152': 0.004694835680751174, '8842': 0.004694835680751174, '5277': 0.004694835680751174, '9413': 0.004694835680751174, '771': 0.004694835680751174, '6162': 0.004694835680751174, '8091': 0.004694835680751174, '9848': 0.004694835680751174, '9217': 0.004694835680751174, '4723': 0.004694835680751174, '4506': 0.0, '894': 0.004694835680751174, '8051': 0.004694835680751174, '5843': 0.004694835680751174, '48': 0.004694835680751174, '8175': 0.009389671361502348, '2063': 0.004694835680751174, '3688': 0.004694835680751174, '9439': 0.004694835680751174, '4012': 0.0, '5295': 0.004694835680751174, '3680': 0.004694835680751174, '5765': 0.004694835680751174, '8151': 0.004694835680751174, '7816': 0.004694835680751174, '5013': 0.004694835680751174, '2107': 0.004694835680751174, '5139': 0.004694835680751174, '8429': 0.004694835680751174, '5706': 0.004694835680751174, '3432': 0.004694835680751174, '4451': 0.004694835680751174, '3657': 0.0, '183': 0.004694835680751174, '5030': 0.004694835680751174, '4130': 0.004694835680751174, '3730': 0.004694835680751174, '9519': 0.004694835680751174, '6961': 0.004694835680751174, '1166': 0.004694835680751174, '5500': 0.004694835680751174, '9060': 0.004694835680751174, '4919': 0.004694835680751174, '2286': 0.0, '5781': 0.004694835680751174, '4027': 0.004694835680751174, '7910': 0.004694835680751174, '9966': 0.004694835680751174, '4017': 0.009389671361502348, '1679': 0.0, '8932': 0.004694835680751174, '5830': 0.004694835680751174, '2899': 0.004694835680751174, '4370': 0.004694835680751174, '9420': 0.004694835680751174, '4223': 0.004694835680751174, '2044': 0.004694835680751174, '6174': 0.004694835680751174, '3997': 0.004694835680751174, '7707': 0.004694835680751174, '8935': 0.0, '8125': 0.004694835680751174, '8844': 0.004694835680751174, '6367': 0.004694835680751174, '8698': 0.004694835680751174, '550': 0.004694835680751174, '6089': 0.009389671361502348, '5809': 0.004694835680751174, '8295': 0.004694835680751174, '1424': 0.0, '7865': 0.004694835680751174, '5673': 0.004694835680751174, '5166': 0.004694835680751174, '7799': 0.004694835680751174, '3253': 0.004694835680751174, '14465': 0.004694835680751174, '6521': 0.004694835680751174, '9612': 0.004694835680751174, '536': 0.004694835680751174, '9674': 0.0, '9897': 0.004694835680751174, '921': 0.009389671361502348, '5374': 0.004694835680751174, '5145': 0.004694835680751174, '5931': 0.004694835680751174, '9849': 0.004694835680751174, '004694835680751174': 0.004694835680751174, '5686': 0.004694835680751174, '6062': 0.004694835680751174, '1987': 0.004694835680751174, '3505': 0.004694835680751174, '721': 0.004694835680751174, '74': 0.004694835680751174, '237': 0.004694835680751174, '6912': 0.0, '4127': 0.004694835680751174, '3200': 0.004694835680751174, '2974': 0.004694835680751174, '4154': 0.004694835680751174, '9902': 0.004694835680751174, '4221': 0.004694835680751174, '7075': 0.004694835680751174, '8224': 0.004694835680751174, '601': 0.004694835680751174, '751174': 0.004694835680751174, '8697': 0.009389671361502348, '2655': 0.004694835680751174, '7749': 0.004694835680751174, '520': 0.0, '3981': 0.004694835680751174, '3560': 0.004694835680751174, '672': 0.004694835680751174, '9715': 0.004694835680751174, '7600': 0.004694835680751174, '9124': 0.004694835680751174, '7313': 0.004694835680751174, '5161': 0.004694835680751174, '6831': 0.004694835680751174, '9772': 0.004694835680751174, '353': 0.004694835680751174, '7151': 0.004694835680751174, '751174': 0.004694835680751174, '488': 0.0, '7668': 0.004694835680751174, '9278': 0.004694835680751174, '4454': 0.004694835680751174, '9547': 0.004694835680751174, '5041': 0.004694835680751174, '1535': 0.0, '2339': 0.004694835680751174, '7206': 0.004694835680751174, '6333': 0.004694835680751174, '112': 0.004694835680751174, '4213': 0.004694835680751174, '1446': 0.004694835680751174, '2108': 0.004694835680751174, '707': 0.004694835680751174, '7150': 0.004694835680751174, '3011': 0.004694835680751174, '264': 0.
```

```
004694835680751174, '2546': 0.004694835680751174, '5097': 0.004694835680751174, '3582': 0.0, '6473': 0.004694835680751174, '9224': 0.004694835680751174, '4375': 0.004694835680751174, '2089': 0.004694835680751174, '3284': 0.004694835680751174, '3335': 0.004694835680751174, '3382': 0.004694835680751174, '3234': 0.004694835680751174, '1755': 0.004694835680751174, '3811': 0.0, '4433': 0.004694835680751174, '1767': 0.004694835680751174, '4600': 0.004694835680751174, '4898': 0.004694835680751174, '2687': 0.004694835680751174, '6320': 0.004694835680751174, '1734': 0.004694835680751174, '5315': 0.004694835680751174, '5592': 0.004694835680751174, '7198': 0.004694835680751174, '3685': 0.004694835680751174, '8279': 0.0, '9924': 0.004694835680751174, '8833': 0.004694835680751174, '208': 0.004694835680751174, '3626': 0.004694835680751174, '965': 0.004694835680751174, '8514': 0.004694835680751174, '1607': 0.004694835680751174, '454': 0.004694835680751174, '9863': 0.0, '5905': 0.004694835680751174, '6826': 0.004694835680751174, '9909': 0.004694835680751174, '3944': 0.004694835680751174, '1487': 0.004694835680751174, '6505': 0.004694835680751174, '7319': 0.004694835680751174, '8775': 0.004694835680751174, '434': 0.0, '1538': 0.004694835680751174, '4227': 0.004694835680751174, '1159': 0.004694835680751174, '174': 0.004694835680751174, '794': 0.004694835680751174, '7676': 0.004694835680751174, '4475': 0.004694835680751174, '9195': 0.0, '4099': 0.004694835680751174, '9364': 0.004694835680751174, '9195': 0.0, '7430': 0.004694835680751174, '2248': 0.004694835680751174, '8619': 0.004694835680751174, '2093': 0.004694835680751174, '999': 0.004694835680751174, '751174', '8346': 0.004694835680751174, '7116': 0.004694835680751174, '3257': 0.0, '2538': 0.004694835680751174, '8115': 0.004694835680751174, '2730': 0.004694835680751174, '2615': 0.004694835680751174, '3190': 0.004694835680751174, '9635': 0.004694835680751174, '3930': 0.004694835680751174, '8830': 0.004694835680751174, '35680751174', '7717': 0.004694835680751174}
```

In [15]:

Visualising Closeness Centrality

```
In [21]: l=[close_centrality[key] for key in close_centrality]
a=np.array(l)
fig, ax = plt.subplots(figsize =(12, 7))
ax.hist(a)
plt.show()
```



```
In [24]: %%html
<h1>Calculating Betweenness Centrality</h1>
```

Calculating Betweenness Centrality

```
In [25]: bet_centrality = nx.betweenness_centrality(G, normalized = True,
                                                endpoints = True)
print(bet_centrality)
```

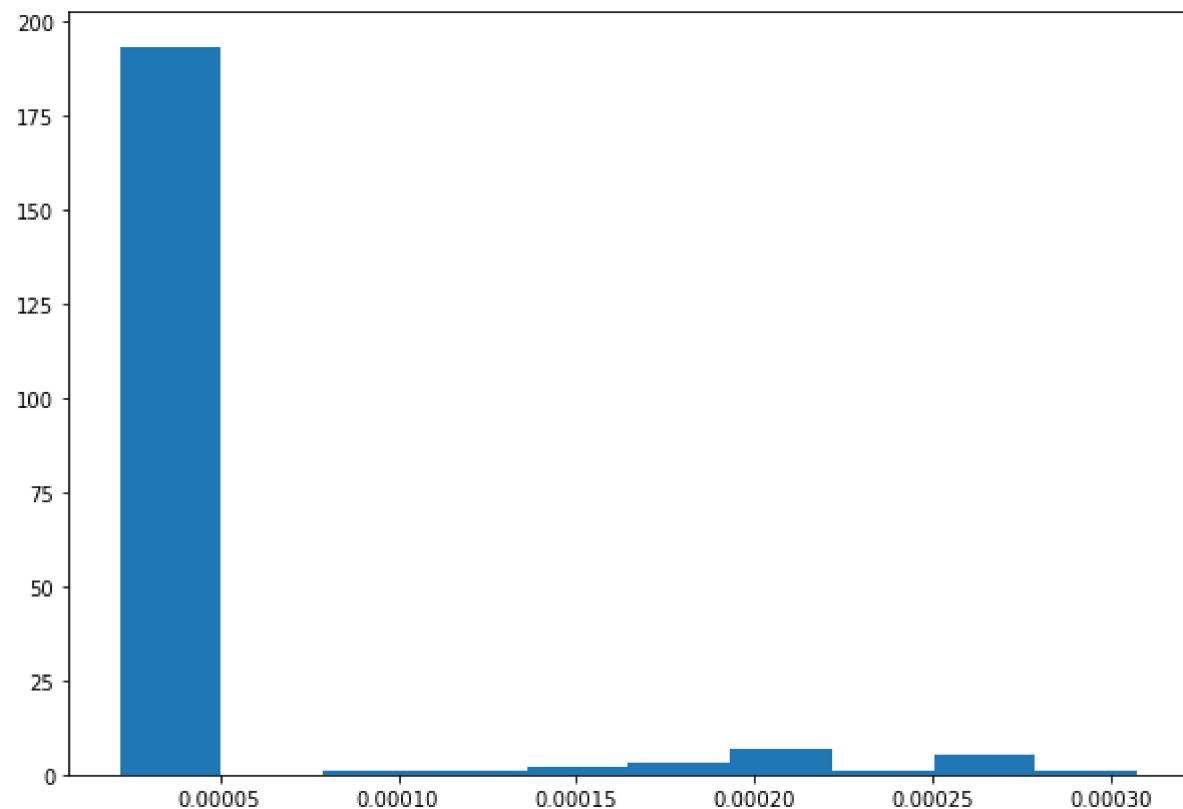
```
{'1824': 0.00015356939142644027, '3629': 2.1938484489491466e-05, '4104': 2.1938484489491466e-05, '9844': 2.1938484489491466e-05, '7691': 2.1938484489491466e-05, '2039': 2.1938484489491466e-05, '1724': 2.1938484489491466e-05, '895': 2.1938484489491466e-05, '5152': 2.1938484489491466e-05, '409': 0.00024132332938440614, '8821': 4.387696897898293e-05, '771': 2.1938484489491466e-05, '1938484489491466e-05', '9413': 2.1938484489491466e-05, '5277': 2.1938484489491466e-05, '6162': 2.1938484489491466e-05, '8091': 2.1938484489491466e-05, '9848': 2.1938484489491466e-05, '9217': 2.1938484489491466e-05, '4723': 2.1938484489491466e-05, '4506': 0.00017550787591593173, '894': 2.1938484489491466e-05, '8051': 2.1938484489491466e-05, '5843': 2.1938484489491466e-05, '48': 2.1938484489491466e-05, '8175': 4.387696897898293e-05, '2063': 2.1938484489491466e-05, '3688': 2.1938484489491466e-05, '9439': 2.1938484489491466e-05, '4012': 0.0002632618138738976, '5295': 2.1938484489491466e-05, '3680': 2.1938484489491466e-05, '5765': 2.1938484489491466e-05, '8151': 2.1938484489491466e-05, '7816': 2.1938484489491466e-05, '5013': 2.1938484489491466e-05, '2107': 2.1938484489491466e-05, '5139': 2.1938484489491466e-05, '8429': 2.1938484489491466e-05, '5706': 2.1938484489491466e-05, '3432': 2.1938484489491466e-05, '4451': 2.1938484489491466e-05, '3657': 0.00021938484489491465, '183': 2.1938484489491466e-05, '5030': 2.1938484489491466e-05, '4130': 2.1938484489491466e-05, '3730': 2.1938484489491466e-05, '9519': 2.1938484489491466e-05, '6961': 2.1938484489491466e-05, '1166': 2.1938484489491466e-05, '5500': 2.1938484489491466e-05, '9060': 2.1938484489491466e-05, '4919': 2.1938484489491466e-05, '2286': 0.00010969242244745733, '5781': 2.1938484489491466e-05, '4027': 2.1938484489491466e-05, '7910': 2.1938484489491466e-05, '9966': 2.1938484489491466e-05, '4017': 4.387696897898293e-05, '1679': 0.00021938484489491465, '8932': 2.1938484489491466e-05, '5830': 2.1938484489491466e-05, '2899': 2.1938484489491466e-05, '4370': 2.1938484489491466e-05, '9420': 2.1938484489491466e-05, '4223': 2.1938484489491466e-05, '2044': 2.1938484489491466e-05, '6174': 2.1938484489491466e-05, '3997': 2.1938484489491466e-05, '7707': 2.1938484489491466e-05, '8935': 0.0001974463604054232, '8125': 2.1938484489491466e-05, '8844': 2.1938484489491466e-05, '6367': 2.1938484489491466e-05, '8698': 2.1938484489491466e-05, '550': 2.1938484489491466e-05, '6089': 4.387696897898293e-05, '5809': 2.1938484489491466e-05, '8295': 2.1938484489491466e-05, '1424': 0.0001974463604054232, '7865': 2.1938484489491466e-05, '5673': 2.1938484489491466e-05, '5166': 2.1938484489491466e-05, '7799': 2.1938484489491466e-05, '3253': 2.1938484489491466e-05, '4465': 2.1938484489491466e-05, '6521': 2.1938484489491466e-05, '9612': 2.1938484489491466e-05, '536': 2.1938484489491466e-05, '9674': 0.0002632618138738976, '9897': 2.1938484489491466e-05, '921': 4.387696897898293e-05, '5374': 2.1938484489491466e-05, '5145': 2.1938484489491466e-05, '5931': 2.1938484489491466e-05, '9849': 2.1938484489491466e-05, '5686': 2.1938484489491466e-05, '6062': 2.1938484489491466e-05, '1987': 2.1938484489491466e-05, '3505': 2.1938484489491466e-05, '721': 2.1938484489491466e-05, '237': 2.1938484489491466e-05, '6912': 0.0002632618138738976, '4127': 2.1938484489491466e-05, '3200': 2.1938484489491466e-05, '2974': 2.1938484489491466e-05, '4154': 2.1938484489491466e-05, '9902': 2.1938484489491466e-05, '4221': 2.1938484489491466e-05, '7075': 2.1938484489491466e-05, '8224': 2.1938484489491466e-05, '601': 2.1938484489491466e-05, '8697': 4.387696897898293e-05, '2655': 2.1938484489491466e-05, '7749': 2.1938484489491466e-05, '520': 0.0002632618138738976, '3981': 2.1938484489491466e-05, '3560': 2.1938484489491466e-05, '672': 2.1938484489491466e-05, '9715': 2.1938484489491466e-05, '7600': 2.1938484489491466e-05, '9124': 2.1938484489491466e-05, '7313': 2.1938484489491466e-05, '5161': 2.1938484489491466e-05, '6831': 2.1938484489491466e-05, '9772': 2.1938484489491466e-05, '353': 2.1938484489491466e-05, '7151': 2.1938484489491466e-05, '488': 8.775393795796587e-05,
```

```
'7668': 2.1938484489491466e-05, '9278': 2.1938484489491466e-05, '9547': 2.1938484489491466e-05, '5041': 2.1938484489491466e-05, '1535': 0.00030713878285288054, '2339': 2.1938484489491466e-05, '7206': 2.1938484489491466e-05, '6333': 2.1938484489491466e-05, '112': 2.1938484489491466e-05, '4213': 2.1938484489491466e-05, '1446': 2.1938484489491466e-05, '2108': 2.1938484489491466e-05, '707': 2.1938484489491466e-05, '264': 2.1938484489491466e-05, '2546': 2.1938484489491466e-05, '5097': 2.1938484489491466e-05, '3582': 0.00021938484489491465, '6473': 2.1938484489491466e-05, '9224': 2.1938484489491466e-05, '4375': 2.1938484489491466e-05, '2089': 2.1938484489491466e-05, '3284': 2.1938484489491466e-05, '3335': 2.1938484489491466e-05, '3382': 2.1938484489491466e-05, '3234': 2.1938484489491466e-05, '1755': 2.1938484489491466e-05, '3811': 0.0002632618138738976, '4433': 2.1938484489491466e-05, '1767': 2.1938484489491466e-05, '4600': 2.1938484489491466e-05, '4898': 2.1938484489491466e-05, '2687': 2.1938484489491466e-05, '6320': 2.1938484489491466e-05, '1734': 2.1938484489491466e-05, '5315': 2.1938484489491466e-05, '5592': 2.1938484489491466e-05, '7198': 2.1938484489491466e-05, '3685': 2.1938484489491466e-05, '8279': 0.00017550787591593173, '9924': 2.1938484489491466e-05, '8833': 2.1938484489491466e-05, '208': 2.1938484489491466e-05, '3626': 2.1938484489491466e-05, '965': 2.1938484489491466e-05, '8514': 2.1938484489491466e-05, '1607': 2.1938484489491466e-05, '454': 2.1938484489491466e-05, '9863': 0.00017550787591593173, '5905': 2.1938484489491466e-05, '6826': 2.1938484489491466e-05, '9909': 2.1938484489491466e-05, '3944': 2.1938484489491466e-05, '1487': 2.1938484489491466e-05, '6505': 2.1938484489491466e-05, '7319': 2.1938484489491466e-05, '8775': 2.1938484489491466e-05, '434': 0.0001974463604054232, '1538': 2.1938484489491466e-05, '4227': 2.1938484489491466e-05, '1159': 2.1938484489491466e-05, '794': 2.1938484489491466e-05, '7676': 2.1938484489491466e-05, '4475': 2.1938484489491466e-05, '4099': 2.1938484489491466e-05, '9364': 2.1938484489491466e-05, '9195': 0.00015356939142644027, '7430': 2.1938484489491466e-05, '2248': 2.1938484489491466e-05, '8619': 2.1938484489491466e-05, '2093': 2.1938484489491466e-05, '466e-05': 2.1938484489491466e-05, '999': 2.1938484489491466e-05, '8346': 2.1938484489491466e-05, '7116': 2.1938484489491466e-05, '3257': 0.00021938484489491465, '2538': 2.1938484489491466e-05, '8115': 2.1938484489491466e-05, '2730': 2.1938484489491466e-05, '2615': 2.1938484489491466e-05, '3190': 2.1938484489491466e-05, '9635': 2.1938484489491466e-05, '3930': 2.1938484489491466e-05, '8830': 2.1938484489491466e-05, '7717': 2.1938484489491466e-05}
```

In [27]:

Visualising Betweenness Centrality

```
In [28]: l=[bet_centrality[key] for key in bet_centrality]
a=np.array(l)
fig, ax = plt.subplots(figsize =(10, 7))
ax.hist(a)
plt.show()
```



```
In [ ]:
```

In [37]:

```
%%html  
<h1>Calculating eigen value centrality</h1>
```

Calculating eigen value centrality

```
In [40]: eigenvector_centrality = nx.eigenvector_centrality(G, 200, 1.0e-6)
print(eigenvector_centrality)
```

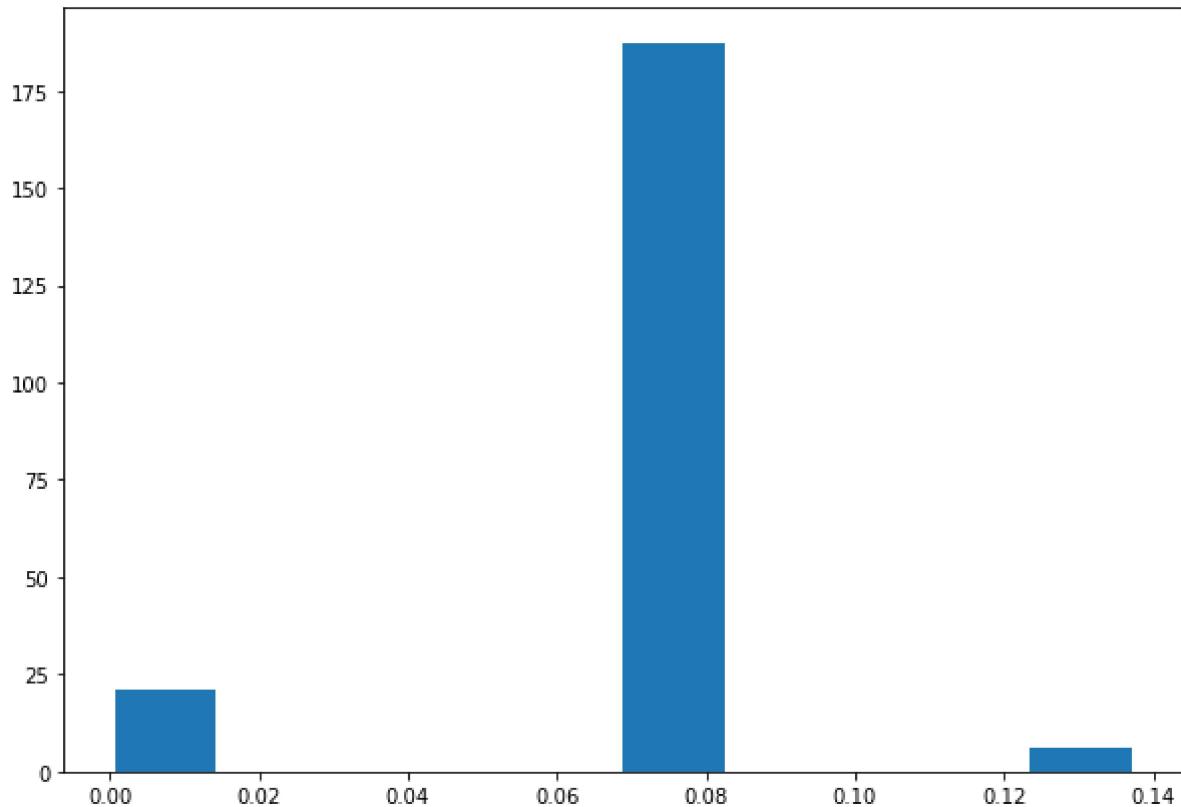
```
{'1824': 0.0006261645013686658, '3629': 0.06887809515055326, '4104': 0.06887809515055326, '9844': 0.06887809515055326, '7691': 0.06887809515055326, '2039': 0.06887809515055326, '1724': 0.06887809515055326, '895': 0.06887809515055326, '409': 0.0006261645013686658, '8821': 0.13713002579973774, '5152': 0.06887809515055326, '8842': 0.06887809515055326, '5277': 0.06887809515055326, '9413': 0.06887809515055326, '771': 0.06887809515055326, '6162': 0.06887809515055326, '8091': 0.06887809515055326, '9848': 0.06887809515055326, '9217': 0.06887809515055326, '4723': 0.06887809515055326, '4506': 0.0006261645013686658, '894': 0.06887809515055326, '8051': 0.06887809515055326, '5843': 0.06887809515055326, '48': 0.06887809515055326, '8175': 0.13713002579973774, '2063': 0.06887809515055326, '3688': 0.06887809515055326, '9439': 0.06887809515055326, '4012': 0.0006261645013686658, '5295': 0.06887809515055326, '3680': 0.06887809515055326, '5765': 0.06887809515055326, '8151': 0.06887809515055326, '7816': 0.06887809515055326, '5013': 0.06887809515055326, '2107': 0.06887809515055326, '5139': 0.06887809515055326, '8429': 0.06887809515055326, '5706': 0.06887809515055326, '3432': 0.06887809515055326, '4451': 0.06887809515055326, '3657': 0.0006261645013686658, '183': 0.06887809515055326, '5030': 0.06887809515055326, '4130': 0.06887809515055326, '3730': 0.06887809515055326, '9519': 0.06887809515055326, '6961': 0.06887809515055326, '1166': 0.06887809515055326, '5500': 0.06887809515055326, '9060': 0.06887809515055326, '4919': 0.06887809515055326, '2286': 0.0006261645013686658, '5781': 0.06887809515055326, '4027': 0.06887809515055326, '7910': 0.06887809515055326, '9966': 0.06887809515055326, '4017': 0.13713002579973774, '1679': 0.0006261645013686658, '8932': 0.06887809515055326, '5830': 0.06887809515055326, '2899': 0.06887809515055326, '4370': 0.06887809515055326, '9420': 0.06887809515055326, '4223': 0.06887809515055326, '2044': 0.06887809515055326, '6174': 0.06887809515055326, '3997': 0.06887809515055326, '7707': 0.06887809515055326, '8935': 0.0006261645013686658, '8125': 0.06887809515055326, '8844': 0.06887809515055326, '6367': 0.06887809515055326, '8698': 0.06887809515055326, '550': 0.06887809515055326, '6089': 0.13713002579973774, '5809': 0.06887809515055326, '8295': 0.06887809515055326, '1424': 0.0006261645013686658, '7865': 0.06887809515055326, '5673': 0.06887809515055326, '5166': 0.06887809515055326, '7799': 0.06887809515055326, '3253': 0.06887809515055326, '4465': 0.06887809515055326, '6521': 0.06887809515055326, '6912': 0.06887809515055326, '536': 0.06887809515055326, '9674': 0.0006261645013686658, '9897': 0.06887809515055326, '921': 0.13713002579973774, '5374': 0.06887809515055326, '5145': 0.06887809515055326, '5931': 0.06887809515055326, '9849': 0.06887809515055326, '5686': 0.06887809515055326, '6062': 0.06887809515055326, '1987': 0.06887809515055326, '3505': 0.06887809515055326, '721': 0.06887809515055326, '237': 0.06887809515055326, '6912': 0.0006261645013686658, '4127': 0.06887809515055326, '3200': 0.06887809515055326, '2974': 0.06887809515055326, '4154': 0.06887809515055326, '9902': 0.06887809515055326, '4221': 0.06887809515055326, '7075': 0.06887809515055326, '8224': 0.06887809515055326, '601': 0.06887809515055326, '8697': 0.13713002579973774, '2655': 0.06887809515055326, '7749': 0.06887809515055326, '520': 0.0006261645013686658, '3981': 0.06887809515055326, '3560': 0.06887809515055326, '672': 0.06887809515055326, '9715': 0.06887809515055326, '7600': 0.06887809515055326, '9124': 0.06887809515055326, '7313': 0.06887809515055326, '5161': 0.06887809515055326, '6831': 0.06887809515055326, '9772': 0.06887809515055326, '353': 0.06887809515055326, '7151': 0.06887809515055326, '488': 0.0006261645013686658, '7668': 0.06887809515055326, '9278': 0.06887809515055326, '9547': 0.06887809515055326, '5041': 0.06887809515055326, '1535': 0.0006261645013686658, '2339': 0.06887809515055326, '7206': 0.06887809515055326, '6333': 0.06887809515055326, '112': 0.06887809515055326, '4213': 0.06887809515055326, '1446': 0.06887809515055326}
```

```
5326, '2108': 0.06887809515055326, '707': 0.06887809515055326, '7150': 0.06887809515055326, '3011': 0.06887809515055326, '264': 0.06887809515055326, '2546': 0.06887809515055326, '5097': 0.06887809515055326, '3582': 0.0006261645013686658, '6473': 0.06887809515055326, '9224': 0.06887809515055326, '4375': 0.06887809515055326, '2089': 0.06887809515055326, '3284': 0.06887809515055326, '3335': 0.06887809515055326, '3382': 0.06887809515055326, '3234': 0.06887809515055326, '1755': 0.06887809515055326, '3811': 0.0006261645013686658, '4433': 0.06887809515055326, '1767': 0.06887809515055326, '4600': 0.06887809515055326, '6', '4898': 0.06887809515055326, '2687': 0.06887809515055326, '6320': 0.06887809515055326, '1734': 0.06887809515055326, '5315': 0.06887809515055326, '5592': 0.06887809515055326, '7198': 0.06887809515055326, '3685': 0.06887809515055326, '8279': 0.0006261645013686658, '9924': 0.06887809515055326, '8833': 0.06887809515055326, '208': 0.06887809515055326, '3626': 0.06887809515055326, '965': 0.06887809515055326, '8514': 0.06887809515055326, '1607': 0.06887809515055326, '454': 0.06887809515055326, '9863': 0.0006261645013686658, '5905': 0.06887809515055326, '6826': 0.06887809515055326, '9909': 0.06887809515055326, '3944': 0.06887809515055326, '1487': 0.06887809515055326, '6505': 0.06887809515055326, '7319': 0.06887809515055326, '8775': 0.06887809515055326, '434': 0.0006261645013686658, '1538': 0.06887809515055326, '4227': 0.06887809515055326, '6', '1159': 0.06887809515055326, '794': 0.06887809515055326, '7676': 0.06887809515055326, '4475': 0.06887809515055326, '4099': 0.06887809515055326, '9364': 0.06887809515055326, '9195': 0.0006261645013686658, '7430': 0.06887809515055326, '2248': 0.06887809515055326, '8619': 0.06887809515055326, '2093': 0.06887809515055326, '999': 0.06887809515055326, '8346': 0.06887809515055326, '716': 0.06887809515055326, '3257': 0.0006261645013686658, '2538': 0.06887809515055326, '8115': 0.06887809515055326, '2730': 0.06887809515055326, '2615': 0.06887809515055326, '3190': 0.06887809515055326, '9635': 0.06887809515055326, '3930': 0.06887809515055326, '8830': 0.06887809515055326, '7717': 0.06887809515055326}
```

In [41]:

Visualising eigen value centrality

```
In [42]: l=[eigenvector_centrality[key] for key in eigenvector_centrality]
a=np.array(l)
fig, ax = plt.subplots(figsize =(10, 7))
ax.hist(a)
plt.show()
```



In [44]:

Highest eigen value

In [43]: *#highest eigen vector value*

```
mx=max(l)
lst=[key for key in eigenvector_centrality if eigenvector_centrality[key]==mx]
print(lst)
```

```
['8821', '8175', '4017', '6089', '921', '8697']
```

In [8]: *density=nx.density(G)*

```
print(density)
```

```
0.004365758413408802
```

In []:

In []:

In []:

In []:

```
In [27]: path=nx.all_pairs_shortest_path_length(G)
```

```
d={x[0]:x[1] for x in path}
```

```
print(d)
```

```
{'1824': {'1824': 0, '1724': 1, '2039': 1, '4104': 1, '9844': 1, '3629': 1, '7691': 1, '895': 1}, '3629': {'3629': 0}, '4104': {'4104': 0}, '9844': {'9844': 0}, '7691': {'7691': 0}, '2039': {'2039': 0}, '1724': {'1724': 0}, '895': {'895': 0}, '409': {'409': 0}, '8091': 1, '5152': 1, '5277': 1, '9413': 1, '9848': 1, '8842': 1, '6162': 1, '4723': 1, '8821': 1, '771': 1, '9217': 1}, '8821': {'8821': 0}, '5152': {'5152': 0}, '8842': {'8842': 0}, '5277': {'5277': 0}, '9413': {'9413': 0}, '771': {'771': 0}, '6162': {'6162': 0}, '8091': {'8091': 0}, '9848': {'9848': 0}, '9217': {'9217': 0}, '4723': {'4723': 0}, '4506': {'4506': 0}, '8051': 1, '48': 1, '5843': 1, '3688': 1, '9439': 1, '8175': 1, '894': 1, '2063': 1, '894': {'894': 0}, '8051': {'8051': 0}, '5843': {'5843': 0}, '48': {'48': 0}, '8175': {'8175': 0}, '2063': {'2063': 0}, '3688': {'3688': 0}, '9439': {'9439': 0}, '4012': {'4012': 0}, '3680': 1, '5765': 1, '3432': 1, '8429': 1, '8151': 1, '5295': 1, '5013': 1, '7816': 1, '2107': 1, '5139': 1, '5706': 1, '4451': 1, '5295': {'5295': 0}, '3680': {'3680': 0}, '5765': {'5765': 0}, '8151': {'8151': 0}, '7816': {'7816': 0}, '5013': {'5013': 0}, '2107': {'2107': 0}, '5139': {'5139': 0}, '8429': {'8429': 0}, '5706': {'5706': 0}, '3432': {'3432': 0}, '4451': {'4451': 0}, '3657': {'3657': 0}, '5030': 1, '1166': 1, '3730': 1, '4130': 1, '5500': 1, '4919': 1, '9519': 1, '183': 1, '9060': 1, '6961': 1, '183': {'183': 0}, '5030': {'5030': 0}, '4130': {'4130': 0}, '3730': {'3730': 0}, '9519': {'9519': 0}, '6961': {'6961': 0}, '1166': {'1166': 0}, '5500': {'5500': 0}, '9060': {'9060': 0}, '4919': {'4919': 0}, '2286': {'2286': 0}, '5781': 1, '4017': 1, '4027': 1, '7910': 1, '9966': 1, '5781': {'5781': 0}, '4027': {'4027': 0}, '7910': {'7910': 0}, '9966': {'9966': 0}, '4017': {'4017': 0}, '1679': {'1679': 0}, '7707': 1, '3997': 1, '2044': 1, '6174': 1, '4223': 1, '8932': 1, '4370': 1, '9420': 1, '2899': 1, '5830': 1, '8932': {'8932': 0}, '5830': {'5830': 0}, '2899': {'2899': 0}, '4370': {'4370': 0}, '9420': {'9420': 0}, '4223': {'4223': 0}, '2044': {'2044': 0}, '6174': {'6174': 0}, '3997': {'3997': 0}, '7707': {'7707': 0}, '8935': {'8935': 0}, '550': 1, '8844': 1, '8125': 1, '8295': 1, '5809': 1, '6089': 1, '8175': 1, '6367': 1, '8698': 1, '8125': {'8125': 0}, '8844': {'8844': 0}, '6367': {'6367': 0}, '8698': {'8698': 0}, '550': {'550': 0}, '6089': {'6089': 0}, '5809': {'5809': 0}, '8295': {'8295': 0}, '1424': {'1424': 0}, '536': 1, '6521': 1, '3253': 1, '7799': 1, '5673': 1, '9612': 1, '4465': 1, '7865': 1, '5166': 1, '7865': {'7865': 0}, '5673': {'5673': 0}, '5166': {'5166': 0}, '7799': {'7799': 0}, '3253': {'3253': 0}, '4465': {'4465': 0}, '6521': {'6521': 0}, '9612': {'9612': 0}, '536': {'536': 0}, '9674': {'9674': 0}, '5374': 1, '5931': 1, '237': 1, '921': 1, '5145': 1, '1987': 1, '9897': 1, '721': 1, '9849': 1, '5686': 1, '3505': 1, '6062': 1, '9897': {'9897': 0}, '921': {'921': 0}, '5374': {'5374': 0}, '5145': {'5145': 0}, '5931': {'5931': 0}, '9849': {'9849': 0}, '5686': {'5686': 0}, '6062': {'6062': 0}, '1987': {'1987': 0}, '3505': {'3505': 0}, '721': {'721': 0}, '237': {'237': 0}, '6912': {'6912': 0}, '3200': 1, '8224': 1, '601': 1, '9902': 1, '7749': 1, '4154': 1, '8697': 1, '7075': 1, '2655': 1, '4221': 1, '2974': 1, '4127': 1, '4127': {'4127': 0}, '3200': {'3200': 0}, '2974': {'2974': 0}, '4154': {'4154': 0}, '9902': {'9902': 0}, '4221': {'4221': 0}, '7075': {'7075': 0}, '8224': {'8224': 0}, '601': {'601': 0}, '8697': {'8697': 0}, '2655': {'2655': 0}, '7749': {'7749': 0}, '520': {'520': 0}, '353': 1, '5161': 1, '7313': 1, '7600': 1, '9772': 1, '672': 1, '6831': 1, '3981': 1, '9124': 1, '3560': 1, '9715': 1, '7151': 1}, '3981': {'3981': 0}, '3560': {'3560': 0}, '672': {'672': 0}, '9715': {'9715': 0}, '7600': {'7600': 0}, '9124': {'9124': 0}, '7313': {'7313': 0}, '5161': {'5161': 0}, '6831': {'6831': 0}, '9772': {'9772': 0}, '353': {'353': 0}, '7151': {'7151': 0}, '488': {'488': 0}, '9278': 1, '7668': 1, '5041': 1, '9547': 1, '7668': {'7668': 0}, '9278': {'9278': 0}, '9547': {'9547': 0}, '5041': {'5041': 0}, '1535': {'1535': 0}
```

0, '5097': 1, '6333': 1, '4017': 1, '1446': 1, '7206': 1, '264': 1, '2546': 1, '2108': 1, '707': 1, '3011': 1, '2339': 1, '112': 1, '7150': 1, '4213': 1}, '2339': {'2339': 0}, '7206': {'7206': 0}, '6333': {'6333': 0}, '112': {'112': 0}, '4213': {'4213': 0}, '1446': {'1446': 0}, '2108': {'2108': 0}, '707': {'707': 0}, '7150': {'7150': 0}, '3011': {'3011': 0}, '264': {'264': 0}, '2546': {'2546': 0}, '5097': {'5097': 0}, '3582': {'3582': 0}, '3234': 1, '9224': 1, '3382': 1, '1755': 1, '4375': 1, '6089': 1, '3335': 1, '6473': 1, '3284': 1, '2089': 1, '6473': {'6473': 0}, '9224': {'9224': 0}, '4375': {'4375': 0}, '2089': {'2089': 0}, '3284': {'3284': 0}, '3335': {'3335': 0}, '3382': {'3382': 0}, '3234': {'3234': 0}, '1755': {'1755': 0}, '3811': {'3811': 0}, '7198': 1, '4898': 1, '5315': 1, '1734': 1, '6320': 1, '4600': 1, '3685': 1, '4433': 1, '5592': 1, '1767': 1, '8821': 1, '2687': 1, '4433': {'4433': 0}, '1767': {'1767': 0}, '4600': {'4600': 0}, '4898': {'4898': 0}, '2687': {'2687': 0}, '6320': {'6320': 0}, '1734': {'1734': 0}, '5315': {'5315': 0}, '5592': {'5592': 0}, '7198': {'7198': 0}, '3685': {'3685': 0}, '8279': {'8279': 0}, '1607': 1, '8514': 1, '8833': 1, '454': 1, '208': 1, '965': 1, '3626': 1, '9924': 1, '9924': {'9924': 0}, '8833': {'8833': 0}, '208': {'208': 0}, '3626': {'3626': 0}, '965': {'965': 0}, '8514': {'8514': 0}, '1607': {'1607': 0}, '454': {'454': 0}, '9863': {'9863': 0}, '9909': 1, '6826': 1, '7319': 1, '1487': 1, '3944': 1, '8775': 1, '5905': 1, '6505': 1, '5905': {'5905': 0}, '6826': {'6826': 0}, '9909': {'9909': 0}, '3944': {'3944': 0}, '1487': {'1487': 0}, '6505': {'6505': 0}, '7319': {'7319': 0}, '8775': {'8775': 0}, '434': {'434': 0}, '4475': 1, '4227': 1, '4099': 1, '921': 1, '9364': 1, '794': 1, '1159': 1, '7676': 1, '1538': 1, '1538': {'1538': 0}, '4227': {'4227': 0}, '1159': {'1159': 0}, '794': {'794': 0}, '7676': {'7676': 0}, '4475': {'4475': 0}, '4099': {'4099': 0}, '9364': {'9364': 0}, '9195': {'9195': 0}, '999': 1, '7116': 1, '8346': 1, '2248': 1, '7430': 1, '2093': 1, '8619': 1, '7430': {'7430': 0}, '2248': {'2248': 0}, '8619': {'8619': 0}, '2093': {'2093': 0}, '999': {'999': 0}, '8346': {'8346': 0}, '7116': {'7116': 0}, '3257': 0, '8115': 1, '2538': 1, '8830': 1, '7717': 1, '3930': 1, '2730': 1, '3190': 1, '2615': 1, '8697': 1, '9635': 1, '2538': {'2538': 0}, '8115': {'8115': 0}, '2730': {'2730': 0}, '2615': {'2615': 0}, '3190': {'3190': 0}, '9635': {'9635': 0}, '3930': {'3930': 0}, '8830': {'8830': 0}, '7717': {'7717': 0}}}

```
In [31]: def average_degree(G, u):
    return sum(G.degree(v) for v in G.neighbors(u)) / G.degree(u)
avg_degrees_dict = { u: average_degree(G,u) for u in G.nodes }

print(avg_degrees_dict)
```

{'1824': 1.0, '3629': 0.0, '4104': 0.0, '9844': 0.0, '7691': 0.0, '2039': 0.0, '1724': 0.0, '895': 0.0, '409': 1.0909090909090908, '8821': 0.0, '5152': 0.0, '8842': 0.0, '5277': 0.0, '9413': 0.0, '771': 0.0, '6162': 0.0, '8091': 0.0, '9848': 0.0, '9217': 0.0, '4723': 0.0, '4506': 1.125, '894': 0.0, '8051': 0.0, '5843': 0.0, '48': 0.0, '8175': 0.0, '2063': 0.0, '3688': 0.0, '9439': 0.0, '4012': 1.0, '5295': 0.0, '3680': 0.0, '5765': 0.0, '8151': 0.0, '7816': 0.0, '5013': 0.0, '2107': 0.0, '5139': 0.0, '8429': 0.0, '5706': 0.0, '3432': 0.0, '4451': 0.0, '3657': 1.0, '183': 0.0, '5030': 0.0, '4130': 0.0, '3730': 0.0, '9519': 0.0, '6961': 0.0, '1166': 0.0, '5500': 0.0, '9060': 0.0, '4919': 0.0, '2286': 1.2, '5781': 0.0, '4027': 0.0, '7910': 0.0, '9966': 0.0, '4017': 0.0, '1679': 1.0, '8932': 0.0, '5830': 0.0, '2899': 0.0, '4370': 0.0, '9420': 0.0, '4223': 0.0, '2044': 0.0, '6174': 0.0, '3997': 0.0, '7707': 0.0, '8935': 1.222222222222223, '8125': 0.0, '8844': 0.0, '6367': 0.0, '8698': 0.0, '550': 0.0, '6089': 0.0, '5809': 0.0, '8295': 0.0, '1424': 1.0, '7865': 0.0, '5673': 0.0, '5166': 0.0, '7799': 0.0, '3253': 0.0, '4465': 0.0, '6521': 0.0, '9612': 0.0, '536': 0.0, '9674': 1.0833333333333333, '9897': 0.0, '921': 0.0, '5374': 0.0, '5145': 0.0, '5931': 0.0, '9849': 0.0, '5686': 0.0, '6062': 0.0, '1987': 0.0, '3505': 0.0, '721': 0.0, '237': 0.0, '6912': 1.0833333333333333, '4127': 0.0, '3200': 0.0, '2974': 0.0, '4154': 0.0, '9902': 0.0, '4221': 0.0, '7075': 0.0, '8224': 0.0, '601': 0.0, '8697': 0.0, '2655': 0.0, '7749': 0.0, '520': 1.0, '3981': 0.0, '3560': 0.0, '672': 0.0, '9715': 0.0, '7600': 0.0, '9124': 0.0, '7313': 0.0, '5161': 0.0, '6831': 0.0, '9772': 0.0, '353': 0.0, '7151': 0.0, '488': 1.0, '7668': 0.0, '9278': 0.0, '9547': 0.0, '5041': 0.0, '1535': 1.0714285714285714, '2339': 0.0, '7206': 0.0, '6333': 0.0, '112': 0.0, '4213': 0.0, '1446': 0.0, '2108': 0.0, '707': 0.0, '7150': 0.0, '3011': 0.0, '264': 0.0, '2546': 0.0, '5097': 0.0, '3582': 1.1, '6473': 0.0, '9224': 0.0, '4375': 0.0, '2089': 0.0, '3284': 0.0, '3335': 0.0, '3382': 0.0, '3234': 0.0, '1755': 0.0, '3811': 1.0833333333333333, '4433': 0.0, '1767': 0.0, '4600': 0.0, '4898': 0.0, '2687': 0.0, '6320': 0.0, '1734': 0.0, '5315': 0.0, '5592': 0.0, '7198': 0.0, '3685': 0.0, '8279': 1.0, '9924': 0.0, '8833': 0.0, '208': 0.0, '3626': 0.0, '965': 0.0, '8514': 0.0, '1607': 0.0, '454': 0.0, '9863': 1.0, '5905': 0.0, '6826': 0.0, '9909': 0.0, '3944': 0.0, '1487': 0.0, '6505': 0.0, '7319': 0.0, '8775': 0.0, '434': 1.111111111112, '1538': 0.0, '4227': 0.0, '1159': 0.0, '794': 0.0, '7676': 0.0, '4475': 0.0, '4099': 0.0, '9364': 0.0, '9195': 1.0, '7430': 0.0, '2248': 0.0, '8619': 0.0, '2093': 0.0, '999': 0.0, '8346': 0.0, '7116': 0.0, '3257': 1.1, '2538': 0.0, '8115': 0.0, '2730': 0.0, '2615': 0.0, '3190': 0.0, '9635': 0.0, '3930': 0.0, '8830': 0.0, '7717': 0.0}

```
In [33]: print(sum(G.degree(v) for v in G.nodes)/G.number_of_nodes())
```

1.8598130841121496

```
In [69]: from itertools import chain, combinations
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.cluster.hierarchy import dendrogram
```

In []:

In []:

In [70]: # Girvan-Newman communities list

```
communities = list(nx.community.girvan_newman(G))
print(communities)
```

```
[({'1724', '2039', '4104', '9844', '3629', '7691', '1824', '895'}, {'5277',
'9848', '9217', '8821', '1767', '8091', '7198', '1734', '409', '4723', '460
0', '2687', '9413', '6320', '3685', '6162', '4433', '771', '5152', '4898', '5
315', '8842', '5592', '3811'}, {'8051', '550', '8698', '8844', '48', '5843',
'3688', '8935', '8125', '8295', '8175', '6367', '894', '9439', '2063', '580
9', '4506'}, {'3680', '3432', '5765', '8429', '8151', '5295', '5013', '7816',
'2107', '5139', '5706', '4451', '4012'}, {'5030', '183', '1166', '3657', '951
9', '4130', '5500', '4919', '3730', '9060', '6961'}, {'7206', '264', '2108',
'7910', '7150', '1535', '5097', '1446', '2546', '6333', '4213', '5781', '401
7', '2286', '4027', '3011', '707', '2339', '112', '9966'}, {"7707", "3997",
"6174", "2044", "4223", "8932", "4370", "9420", "2899", "5830", "1679"}, {"32
34", "9224", "3382", "1755", "4375", "3582", "6089", "3335", "6473", "3284",
"2089"}, {"536", "6521", "7799", "3253", "4465", "5673", "1424", "9612", "786
5", "5166"}, {"4475", "5374", "5931", "4099", "9897", "3505", "237", "434",
"921", "794", "1159", "721", "9849", "4227", "5145", "1987", "9364", "1538",
"5686", "7676", "6062", "9674}, {"3930", "9902", "3257", "3190", "4221", "29
74", "7075", "9635", "4127", "8115", "8830", "7717", "7749", "2730", "4154",
"8697", "2615", "8224", "601", "6912", "2538", "2655", "3200"}, {"353", "516
1", "7313", "7600", "9772", "672", "6831", "3981", "520", "9124", "3560", "97
55", "171512", "616011", "156471", "102701", "1766012", "616021", "102701", "1551
55"}]
```

In []:

In []:

In [46]:

...

In []:

In []: