

شبکه پیچیده پویا

دکتر علی اکبری

تمرین ۴ (مدل سازی و فیت کردن آن ها بر روی دیتاست های قبلی)

سجاد آقانصیری – 402443009



دانشجو کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر

دانشگاه شهید بهشتی

بهار 1403

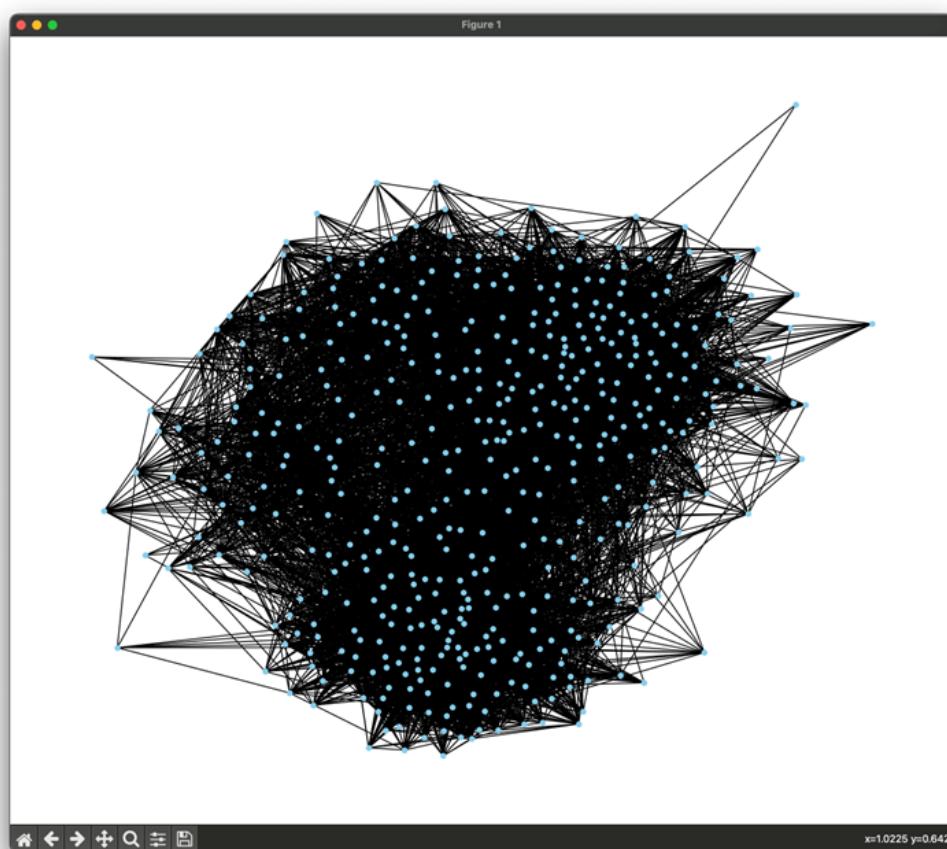
ما در این تمرین قصد داریم به عنوان شخصی مدل سازی در شبکه پیچیده را به تازگی یاد گرفته به کمک ابزارهایی مانند [3],[2] ست واقعی که از وبسایت های [4],[5],[6] گرفته شده که فایل های دریافتی به صورت CSV بود . که در تمرین قبل به صورت کامل مورد بررسی قرار گرفت.

Dataset 1(twitter)

این دیتاست از سایت [5] گرفته شده که ستون اول و دوم یال ها را و ستون سوم وزن آن را نشان میدهد .

```
{weight': 0.002105263157894737'} 4 0
```

```
{weight': 0.002105263157894737'} 4 7
```



نگاه شهردی:

خب در نگاه اول بنظر میاد با یک small world network سرکار داریم شاید اونقدر چگال نیست و حدود ۳ انجمن میتوان در آن دید(البته انجمن ها بسیار بزرگ هستند) .

قطر شبکه بنظر میرسد مانند تمام social network ها قطر بسیار بزرگ نداشته باشد و زیر عدد ۶ باشد. حال با نگاهی به نمودار degree distribution (fig1)، که توزیع آن کمی شبیه به لگ نرمال است که برای این متوجه میشویم [3] [1]، که توزیع آن کمی شبیه به لگ نرمال است که برای این شبکه منطقی است و هرچه از بازه حدود بین ۲۵ و ۵۰ اگر دور شویم frequency کاهش پیدا میکند.

خب یه نگاهی به معیار های بدست آمده کنیم:

```
[Running] python3 -u "/Users/sj_ag77/Desktop/Complex network Dr Aliakbari/assignment 3_sajjad aghanasiri/twitter/main.py"
Number of nodes: 475
Number of edges: 10222
Metrics:
| Metric | Value |
0 Average Degree | 43.040000
1 Density | 0.090802
2 Diameter | 4.000000
3 Average Clustering Coefficient | 0.301399
4 Transitivity | 0.269535
5 Average Shortest Path Length | 2.063886
6 Assortativity (Degree Correlation) | -0.078465

Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [('367', 0.45147679324894513), ('322', 0.38185654008438813), ('254', 0.2995780590717299), ('208', 0.28270042194092826), ('393', 0.27215189873417717)]
Betweenness Centrality: [('367', 0.06862644524670267), ('322', 0.03718289232722759), ('254', 0.022622535590667927), ('208', 0.01545860745624782), ('17', 0.014895064503188359)]
Closeness Centrality: [('367', 0.6457765667574932), ('322', 0.6171875), ('254', 0.5851851851851), ('111', 0.5710843373493976), ('393', 0.5703971119133574)]
PageRank Centrality: [('322', 0.012032354694664725), ('399', 0.006738392448969913), ('208', 0.006710563125799518), ('367', 0.006651882865207782), ('393', 0.0064796415848055134)]
Degree Centralization: 0.0007625232561799446
Closeness Centralization: 0.24074898649820997
Betweenness Centralization: 0.0002812568731056113
PageRank Centralization: 0.009952921119955214
2024-04-24 13:44:57.954 Python[62364:3379009] WARNING: Secure coding is not enabled for restorable state! Enable secure coding by implementing NSApplicationDelegate.
applicationSupportsSecureRestorableState: and returning YES.

Live Share Ln 139, Col 1 Spaces: 4 UTF-8 LF ⚡ Python 3.12.0 ('venv': venv) ▾ 34 Spell ⌂ Prettier Formatting: ✓
```

475 نود و 10222 یال داریم. میانگین درجه شبکه ۴۳.۰۴ میباشد. همانطور که میبینیم خیلی شبکه چگال نیست خب بدیهی هم است چون این که یک نفر با همه interaction داشته باشد کم است پس گراف ما خیلی چگال نیست. قطر شبکه که هم اندازه بیشترین فاصله ۲ نود در گراف است که در اینجا ۴ است و به این معناست که شبکه ما small world است پس دارای ارتباطات خوب و مستحکم است. ولی توجه داشته باشیم که شبکه چون average clustering

coefficient نسبتا بالایی دارد احتمالاً انجمن های کوچک با چگالی بسیار زیاد باید بتوان در آن پیدا کرد و اینجاست که ثابت میشود که transitivity بالایی دارد که ۳۰۰ است. در شبکه های پیچیده، «همگنی» یا «همبستگی درجه» به گرایش گرهها برای اتصال به دیگر گره هایی که خصوصیات مشابهی دارند، اشاره دارد. به طور خاص، همگنی درجه در مورد این است که آیا گره های با درجه بالا (آنها) که اتصالات زیادی دارند) ترجیح می دهند به سایر گره های با درجه بالا متصل شوند، و به همین ترتیب، گره های با درجه پایین به سایر گره های با درجه پایین [chatgpt].

و همانطور که میبینیم عدد بسیار بالایی نیست پس لزوماً نود های rich به یکدیگر وصل نیستند پس در مدل کردن این نتورک نباید از راه هایی که به rich میرسد استفاده کرد.

مدل کردن :

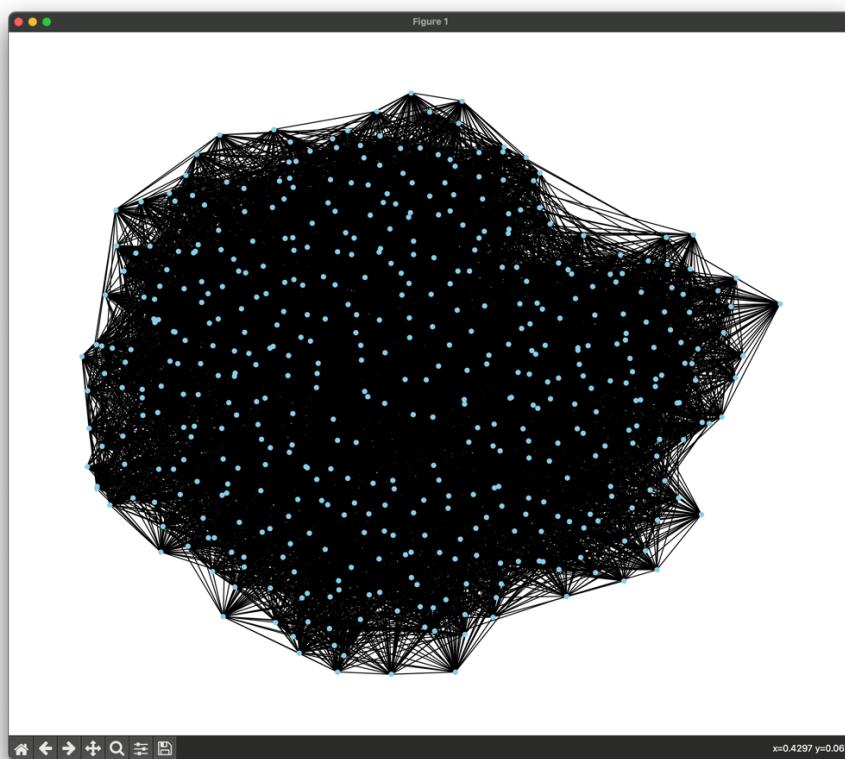
خب ابتدا تلاش میکنیم با مدل Watts-Strogatz این کار را انجام دهیم که به کمک کد زیر

```
import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt

def generate_ws(n, k, p):
    """Generate a Watts-Strogatz small-world network."""
    # n: number of nodes, k: each node is connected to k nearest neighbors, p: rewiring probability
    ws = nx.watts_strogatz_graph(n, k, p)
    #nx.draw(ws, node_size=50)
    #plt.show()
    return ws

# Example usage
G = generate_ws(475, 40, 0.2)
```

این کار را میکنیم و سپس معیار ها را از گراف بدست آورده و با گراف اصلی مقایسه میکنیم. نتیجه بدست آمده:



```

Number of nodes: 475
Number of edges: 10450
Metrics:
| Metric | Value |
0 Average Degree | 44.00000
1 Density | 0.092827
2 Diameter | 3.00000
3 Average Clustering Coefficient | 0.288598
4 Transitivity | 0.285932
5 Average Shortest Path Length | 1.990122
6 Assortativity (Degree Correlation) | -0.010583

Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [(101, 0.11392405063291139), (118, 0.11392405063291139), (220, 0.11392405063291139), (248, 0.11392405063291139), (172, 0.11181434599156118)]
Betweenness Centrality: [(118, 0.0041700589945078475), (188, 0.004093836476779926), (101, 0.004056099050863847), (272, 0.0039522394714574536), (220, 0.003760365279873659)]
Closeness Centrality: [(220, 0.5254988913525499), (118, 0.5249169435215947), (101, 0.5243362831858407), (4, 0.523756906077348), (15, 0.523756906077348)]
PageRank Centrality: [(248, 0.0025242337862947796), (101, 0.0025135589573495936), (220, 0.0025124759408051414), (118, 0.0025114429912146984), (188, 0.002470622947345839)]
Degree Centralization: 4.4602436603880725e-05
Closeness Centralization: 0.0434382223716104
Betweenness Centralization: 8.799826215939284e-06
PageRank Centralization: 0.00042058654930337565

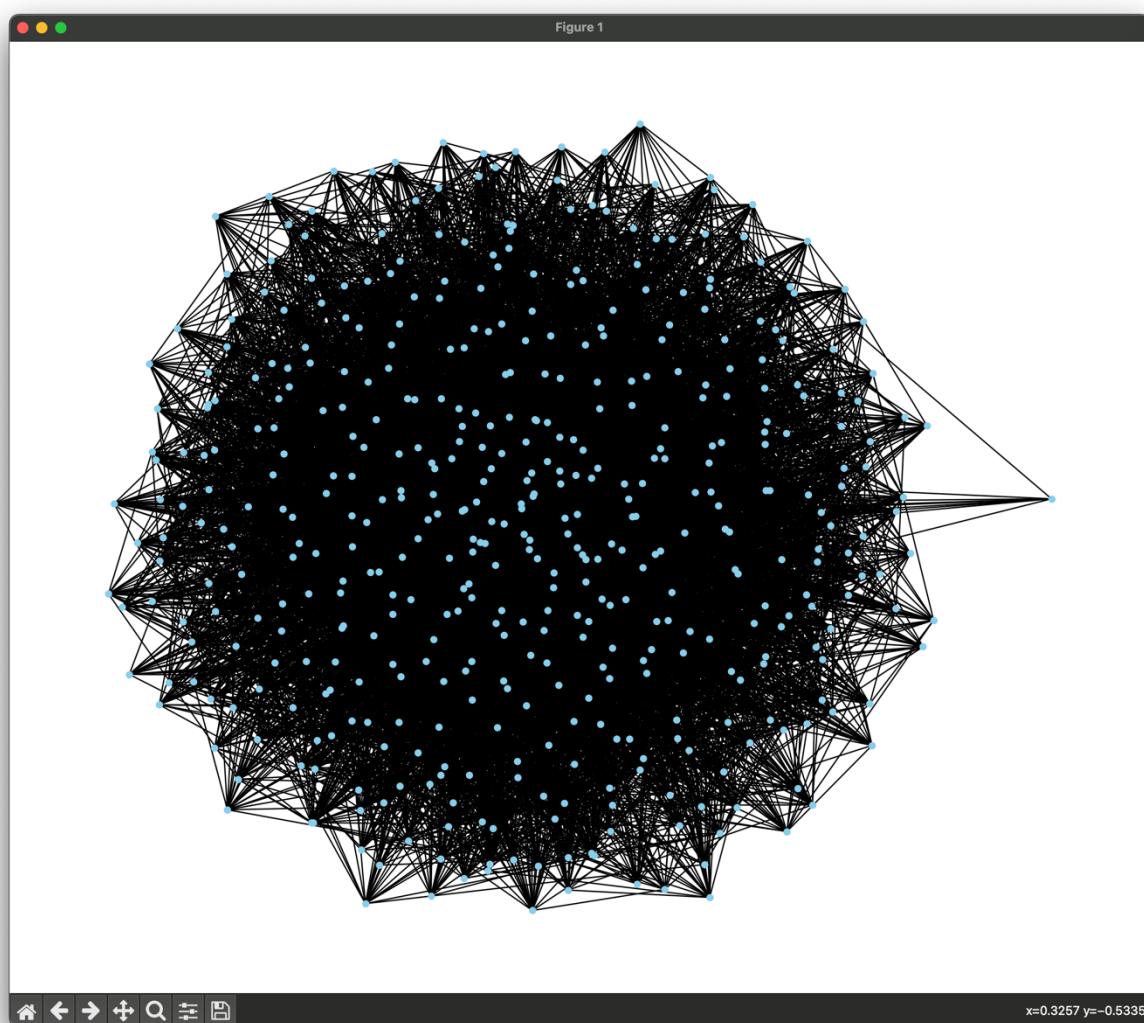
```

همانطور که میبینیم طوری ورودی ها داده شده اند که تعداد نود ها و یال ها حدودی برابر باشد و همانطور که انتظار میرود چگالی هردو یکی است.

قطر شبکه کمتر شده است که انتظار میرود با پایین رفتن احتمال rewiring این قطر افزایش یابد و به عدد ۴ برسد. از لحاظ انجمن به دلیل شبیه بودن کلاستر انتظار میرود همانند خود اصلیش دارای انجمن های کوچک با چگالی بالا باشد.

میانگین مسیر های کوتاه هم به هم بسیار نزدیک هستند و فقط در معیار آخر یعنی assortativity متفاوت هستند که میتواند دلیل آن این باشد که ما در این مدل rewiering انجام میدهیم و خب در نتورک واقعی توییتر اینگونه نیست پس باعث میشود نود های شبیه به هم کمتر به هم وصل باشند ولی خب با توجه به بازه عددی این معیار باز هم بنظر من مدل ما توانسته تا حدی خود را روی این نتورک فیت کنه خب حالا به سراغ مدل بعدی یعنی Barabási-Albert Model

که به کمک کد زیر میتوانیم آن را مدل کنیم



```

# Example usage
# G = generate_ws(475, 45, 0.3)
def generate_ba(n, m):
    """Generate a Barabási-Albert scale-free network."""
    # n: number of nodes, m: number of edges to attach from a new node to existing nodes
    ba = nx.barabasi_albert_graph(n, m)
    # nx.draw(ba, node_size=50)
    # plt.show()
    return ba

# Example usage
G = generate_ba(475, 21)

```

که البته من بین ورودی (۴۷۵، ۲۱) و (۴۷۵، ۲۲) این بالایی رو انتخاب کردن چون با یه نگاه شماتیک به معیارها حس کردم فیت تراست خب حالا بررسی کنیم.

```

Number of nodes: 475
Number of edges: 9534
Metrics:
| Metric | Value |
|---|---|
| Average Degree | 40.143158 |
| Density | 0.084690 |
| Diameter | 3.000000 |
| Average Clustering Coefficient | 0.162432 |
| Transitivity | 0.157880 |
| Average Shortest Path Length | 1.968252 |
| Assortativity (Degree Correlation) | -0.022362 |

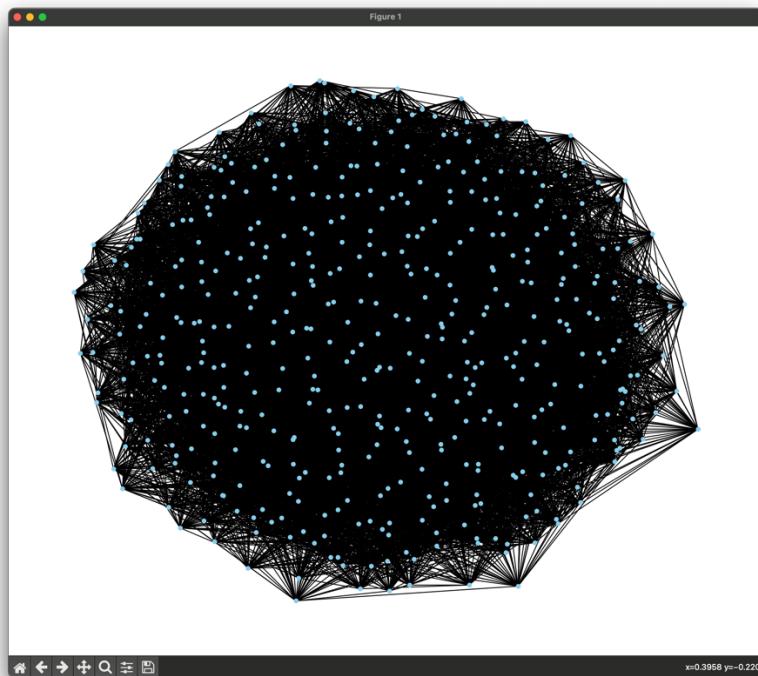
Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [(27, 0.3649789029535865), (0, 0.3544303797468354), (23, 0.3333333333333333), (25, 0.31856540084388185), (33, 0.2995780590717299)]
Betweenness Centrality: [(27, 0.026320929818215395), (0, 0.026119306606937703), (23, 0.022708176282237723), (33, 0.01999034700881566), (25, 0.019843339809583346)]
Closeness Centrality: [(27, 0.6116129032258064), (0, 0.6076923076923076), (23, 0.6), (25, 0.5947302383939774), (33, 0.5888893300248139)]
PageRank Centrality: [(27, 0.008021720149914919), (0, 0.007825679586492594), (23, 0.007367263824258145), (25, 0.007018078026530594), (33, 0.006690842935967415)]
Degree Centralization: 0.0005925738877391789
Closeness Centralization: 0.1898747722836216
Betweenness Centralization: 0.000102854526698504
PageRank Centralization: 0.005933077419823593

```

خب اولین چیزی که به چشم میخورد این است که این مدل نتوانسته خیلی خوب چگالی خود را با نتورک اصلی ما فیت کند. پس معیارهای ۱، ۲، ۰. نباید انتظاری برود که فیت شده باشند. خب در کلاسترینگ هم مشخص است که ۰.. اختلاف است که زیاد است و نتیجه کلی که از این مدل میشود گرفت این است که این مدل نمیتواند فیت شود و خود را شبیه نتورک توییتر کند. و همانطور در تمرین قبل نوشته بودم مدل rich get richer.

خب برای مدل آخر من مدل forest fire رو انتخاب کردم که به کمک کد زیر میتوان آن را ساخت که دیدم نتیجه بهتری نسبت به این تعداد نود و یال نداد پس از روش چهارم یعنی random regular graph

```
52 def generate_random_regular_graph(d, n):
53     """
54     Generate a d-regular graph with n nodes.
55     d : Degree of each node
56     n : Number of nodes
57     """
58     # Check for valid parameters
59     if d < 0 or n < 0 or d * n % 2 != 0:
60         raise ValueError("The degree d and number of nodes n must satisfy the handshake lemma: d*n must be even.")
61
62     try:
63         # Create a d-regular graph
64         graph = nx.random_regular_graph(d, n)
65         return graph
66     except nx.NetworkXError as e:
67         print("Error in generating the graph:", e)
68         return None
69
70 # Parameters
71 degree = 40
72 num_nodes = 475
```



که معیار های بدست آمده به صورت زیر است :

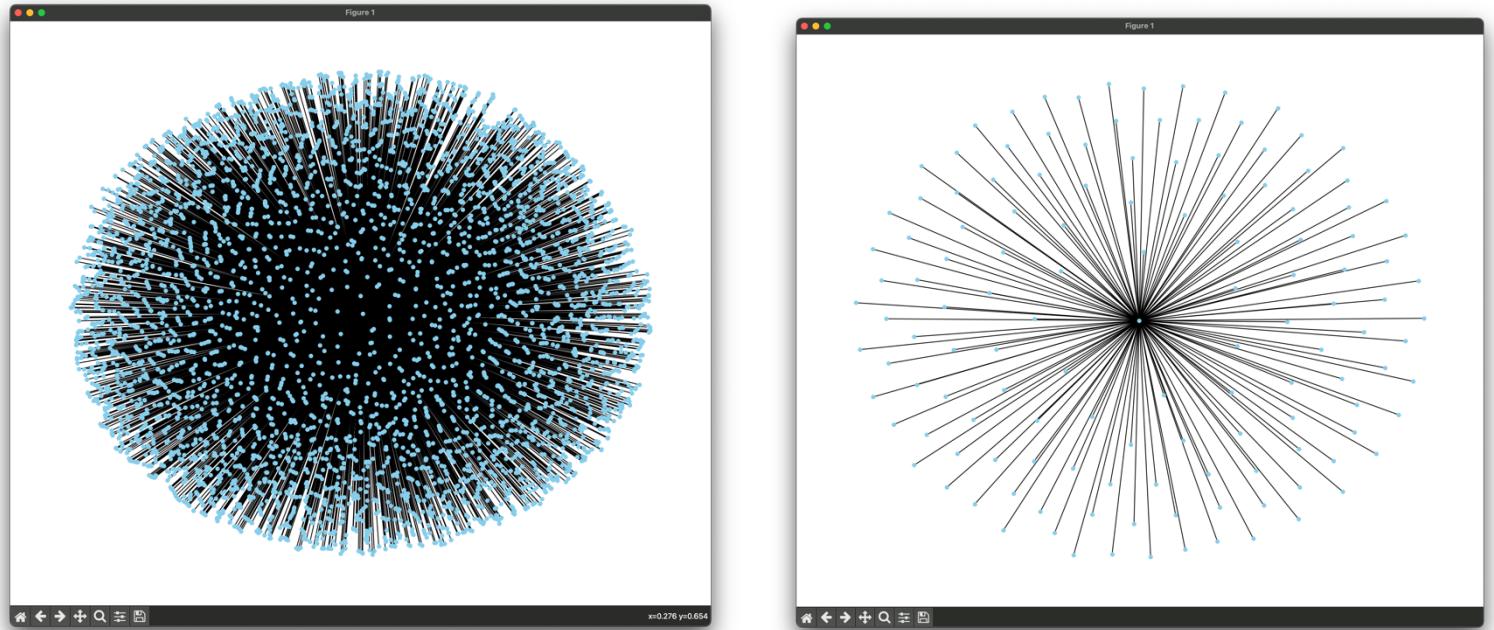
```
[Running] python3 -u "/Users/sj_ag77/Desktop/Complex network Dr Aliakbari/assignment 3_sajjad aghanasiri/twitter/main.py"
Number of nodes: 475
Number of edges: 10450
/Library/Frameworks/Python.framework/Versions/3.12/lib/python3.12/site-packages/networkx/algorithms/assortativity/correlation.py:302: RuntimeWarning: invalid value encountered in
scalar divide
    return (xy * (M - ab)).sum() / np.sqrt(vara * varb)
Metrics:
  Metric      Value
0   Average Degree 44.000000
1   Density       0.092827
2   Diameter      3.000000
3   Average Clustering Coefficient 0.090337
4   Transitivity  0.090337
5   Average Shortest Path Length 1.918401
6   Assortativity (Degree Correlation)  NaN

Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [(137, 0.09282700421940927), (383, 0.09282700421940927), (269, 0.09282700421940927), (273, 0.09282700421940927), (35, 0.09282700421940927)]
Betweenness Centrality: [(340, 0.002063255153501157), (273, 0.002061504721504232), (402, 0.0020484849098743967), (444, 0.0020401762004351242), (130, 0.002034989254112657)]
Closeness Centrality: [(379, 0.5243362831858407), (200, 0.5243362831858407), (106, 0.523756906077348), (453, 0.523756906077348), (340, 0.523756906077348)]
PageRank Centrality: [(137, 0.0021052631578947355), (383, 0.0021052631578947355), (269, 0.0021052631578947355), (273, 0.0021052631578947355), (35, 0.0021052631578947355)]
Degree Centralization: 0.0
Closeness Centralization: 0.006344385500982112
Betweenness Centralization: 5.152659597376941e-07
PageRank Centralization: 0.0
```

به دلیل شباهت زیاد تعداد نود ها و یال ها به نتورک اصلی معیار های ۱، ۰، به هم شبیه هستند و خوب فیت شدند. قطر یکی کم تر از اصلی کلاسترینگ شبیه که به این معناست که از لحاظ انجمان شبیه به هم هستند. میانگین فاصله ها شبیه هم نیستند که نشان دهنده این است که خوب فیت نشده است.

معیار آخر به هر دلیل نتوانستیم محاسبه کنیم پس در نتیجه کلی به این میرسیم مدل اول به بهترین نحو روی نتورک توپیتر فیت شده است .

Dataset 2(cisco) که البته کمی عجیب بود 😊



این دیتا ست عجیب ورودی های عجیبی هم دارد که با مطالعه بهتر سایت میتوان درک بهتری از آن داشت. [6] این دیتا ست ستون اول میگوید کدام گراف ۲ ستون بعدی نشان دهنده درخواست دهنده و هاب است و درواقع برای درک بهتر آن باید دیدگاهمان این باشد که شبکه به شورت جفت گره های بسیار زیاد است که هیچیک به دیگری وصل نیست و ستون آخر پروتکل است.

g21 20 23 1p6-30,3p17-8

g21 10 29 1p6-32

g21 43 31 1p6-16

که خب واضحا چون یک نод هاب است و بقیه به او وصل هستند تعداد نod زیادی با درجه یک داریم و یک نود که به بقیه وصل است و درجه $n-1$ را دارد.

من چون حس کردم در تمرین قبلی این نتورک به صورت درست نساختم از معیار یکی از دوستان کمک گرفتم و تلاش میکنم مدل خود را با توجه به معیارهای جدید فیت کنم.

در ادامه مطالعه معیارها را میبینیم.

```
Number of Nodes: 52
Number of Edges: 1282
Average Degree: 49.30769230769231
Density: 0.9668174962292689
Diameter: 2
Average Clustering Coefficient: 0.9792464678178964
Transitivity: 0.9984141477245423
Average Shortest Path Length: 1.0384615384615385
Degree Assortativity: -0.02177383817556828
Top 5 Nodes based on Degree Centrality:
Node: 17 Centrality: 1.0196078431372548
Node: 4 Centrality: 1.0196078431372548
Node: 30 Centrality: 1.0196078431372548
Node: 36 Centrality: 1.0196078431372548
Node: 46 Centrality: 1.0196078431372548

Top 5 Nodes based on Betweenness Centrality:
Node: 23 Centrality: 0.03923169267707082
Node: 32 Centrality: 1.6006402561024407e-05
Node: 40 Centrality: 1.6006402561024407e-05
Node: 1 Centrality: 1.6006402561024407e-05
Node: 20 Centrality: 1.6006402561024407e-05

Top 5 Nodes based on Closeness Centrality:
Node: 23 Centrality: 1.0
Node: 32 Centrality: 0.9807692307692307
Node: 40 Centrality: 0.9807692307692307
Node: 1 Centrality: 0.9807692307692307
Node: 20 Centrality: 0.9807692307692307

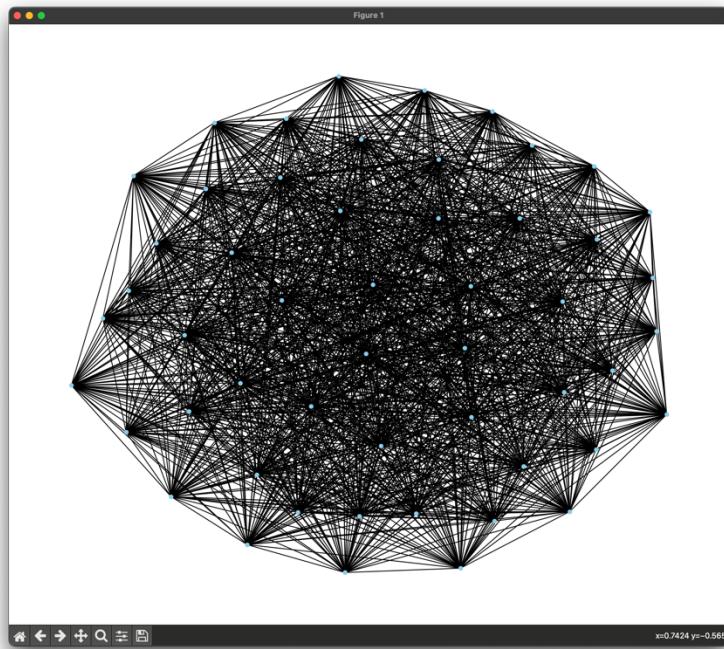
Top 5 Nodes based on Pagerank Centrality:
Node: 23 Centrality: 0.022188208253051945
Node: 17 Centrality: 0.01978894083576568
Node: 4 Centrality: 0.01978894083576568
Node: 30 Centrality: 0.01978894083576568
Node: 36 Centrality: 0.01978894083576568
Network Centralization: {'Degree': 0.033833141099577024, 'Betw': 0.033833141099577024, 'Clos': 0.033833141099577024}
```

خب مانند نتورک قبل ابتدا با مدل WS شروع میکنیم و نتایج بدست آمده را مقایسه میکینیم.

ورودی (G = generate_ws(52, 50, 0.2)

```
[Running] python3 -u "/Users/sj_ag77/Desktop/Complex network Dr Aliakbari/assignment 3_sajjad aghanasiri/twitter/main.py"
Number of nodes: 52
Number of edges: 1300
Metrics:
| Metric | Value |
0 Average Degree 50.00000
1 Density 0.980392
2 Diameter 2.00000
3 Average Clustering Coefficient 0.980449
4 Transitivity 0.980416
5 Average Shortest Path Length 1.019608
6 Assortativity (Degree Correlation) -0.039609

Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [(0, 1.0), (1, 1.0), (2, 1.0), (6, 1.0), (11, 1.0)]
Betweenness Centrality: [(0, 0.0004251510121984861), (1, 0.0004251510121984861), (2, 0.0004251510121984861), (6, 0.0004251510121984861), (11, 0.0004251510121984861)]
Closeness Centrality: [(0, 1.0), (1, 1.0), (2, 1.0), (6, 1.0), (11, 1.0)]
PageRank Centrality: [(0, 0.019559642705643875), (1, 0.019559642705643875), (2, 0.019559642705643875), (6, 0.019559642705643875), (11, 0.019559642705643875)]
Degree Centralization: 0.0003920086911715708
Closeness Centralization: 0.2646070684361474
Betweenness Centralization: 1.34564374241269e-06
Pagerank Centralization: 0.0003415536404417591
2024-05-10 19:38:49.931 Python[42328:555059] WARNING: Secure coding is not enabled for restorable state! Enable secure coding by implementing NSApplicationDelegate.
applicationSupportsSecureRestorableState: and returning YES.
```



خب با توجه به تعداد نود هی و یال های ایجاد شده تلاش کردیم ۳ معیار اول را تا جایی که میشود فیت کینم که نسبتا موفق بودیم و با نگاه شماتیک بقیه معیار های ما هم خوب فیت شدند و ماکسیمم فاصله ۱۰۰ است که میشود صرف نظر کرد از این مقدار تفاوت بنظر ☺

تنها معیار میانگین درجه کمی به نتork اصلی نمیخورد ولی همانطور که گفتم بنظر میتوانیم از این مقدار صرف نظر کرد .

مدل بدی یعنی Barabási-Albert Model

$G = \text{generate_ba}(52, 28)$

با این ورودی به معیارهای زیر رسیدیم که

```
[Running] python3 -u "/Users/sj_ag77/Desktop/Complex network Dr Aliakbari/assignment 3_sajjad aghanasiri/twitter/main.py"
Number of nodes: 52
Number of edges: 672
Metrics:
| Metric | Value |
|---|---|
| Average Degree | 25.846154 |
| Density | 0.567878 |
| Diameter | 2.000000 |
| Average Clustering Coefficient | 0.778719 |
| Transitivity | 0.631609 |
| Average Shortest Path Length | 1.493213 |
| Assortativity (Degree Correlation) | -0.458167 |

Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [(0, 0.9607843137254902), (29, 0.9607843137254902), (30, 0.9607843137254902), (31, 0.9215686274509803), (32, 0.9215686274509803)]
Betweenness Centrality: [(0, 0.045133445953057315), (29, 0.04409107656887959), (30, 0.04001585224601974), (31, 0.0361921464959863), (32, 0.03565880188896936)]
Closeness Centrality: [(0, 0.9622641509433962), (29, 0.9622641509433962), (30, 0.9622641509433962), (31, 0.9272727272727272), (32, 0.9272727272727272)]
PageRank Centrality: [(0, 0.019230769230769208), (29, 0.019230769230769208), (30, 0.019230769230769208), (31, 0.019230769230769208), (32, 0.019230769230769208)]
share Ln 34, Col 1 (23 selected) Spaces: 4 UTF-8 LF () Python 3.12.0 (.venv: venv) △ 40 Spell ⚙ Prettier ⚙ Formatting:
```

حتی نزدیک به معیارهای اصلی نیستند و من با بازی کردن با ورودی‌ها هیچ جوره نمیتونم این مدل را فیت کنم به مدل اصلی یعنی سیسکو.

پس سراغ مدل آخر یعنی random regular می‌رویم:

$\text{degree} = 49$

$\text{num_nodes} = 52$

با توجه به این ورودی‌ها به معیارهای زیر دست پیدا کردم :

```
Number of nodes: 52
Number of edges: 1274
/Library/Frameworks/Python.framework/Versions/3.12/lib/python3.12/site-packages/networkx/algorithms/assortativity/correlation.py:302: RuntimeWarning: invalid value encountered in scalar divide
    return (xy * (M - ab)).sum() / np.sqrt(vara * varb)
Metrics:
| Metric | Value |
|---|---|
| Average Degree | 49.000000 |
| Density | 0.960784 |
| Diameter | 2.000000 |
| Average Clustering Coefficient | 0.959184 |
| Transitivity | 0.959184 |
| Average Shortest Path Length | 1.039216 |
| Assortativity (Degree Correlation) | NaN |

Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [(29, 0.9607843137254902), (32, 0.9607843137254902), (8, 0.9607843137254902), (9, 0.9607843137254902), (0, 0.9607843137254902)]
Betweenness Centrality: [(29, 0.0007843137254901966), (8, 0.0007843137254901966), (9, 0.0007843137254901966), (5, 0.0007843137254901966), (11, 0.0007843137254901966)]
Closeness Centrality: [(29, 0.9622641509433962), (32, 0.9622641509433962), (8, 0.9622641509433962), (9, 0.9622641509433962), (0, 0.9622641509433962)]
PageRank Centrality: [(29, 0.019230769230769208), (32, 0.019230769230769208), (8, 0.019230769230769208), (9, 0.019230769230769208), (0, 0.019230769230769208)]
Degree Centralization: 0.0
Closeness Centralization: 0.0
Betweenness Centralization: 2.3809930062426764e-21
PageRank Centralization: 0.0
2024-05-10 19:58:21.641 Python[43226:57222] WARNING: Secure coding is not enabled for restorable state! Enable secure coding by implementing NSApplicationDelegate.applicationSupportsSecureRestorableState: and returning YES.
```

که به دلیل شباهت بسیار زیاد تعداد نود ها و یال ها ۳ معیار اول با تقریب خوبی به صورت کامل فیت شده اند. ولی در ۲ معیار بعد یعنی کلاستر و transitivity میبینیم فاصله چشم گیری بین مدل ما و مدل اصلی است ولی خوب معیار های اولیه بسیار خوب ارضا شدند پس در این نتورک ۲ مدل اول و آخر یعنی WS و random ما یک tradeoff داریم و باید ببینیم با توجه به اهدافمون و نیازمون یکی ازین دو مدل را انتخاب کنیم.

Dataset 3(US Airlines)

این شبکه همانطور که از اسمش واضح است خط های هوایی آمریکا را نشان میدهد و وزن میان این ارتباطات نیز مشخص و در دیتا موجود است .[4].

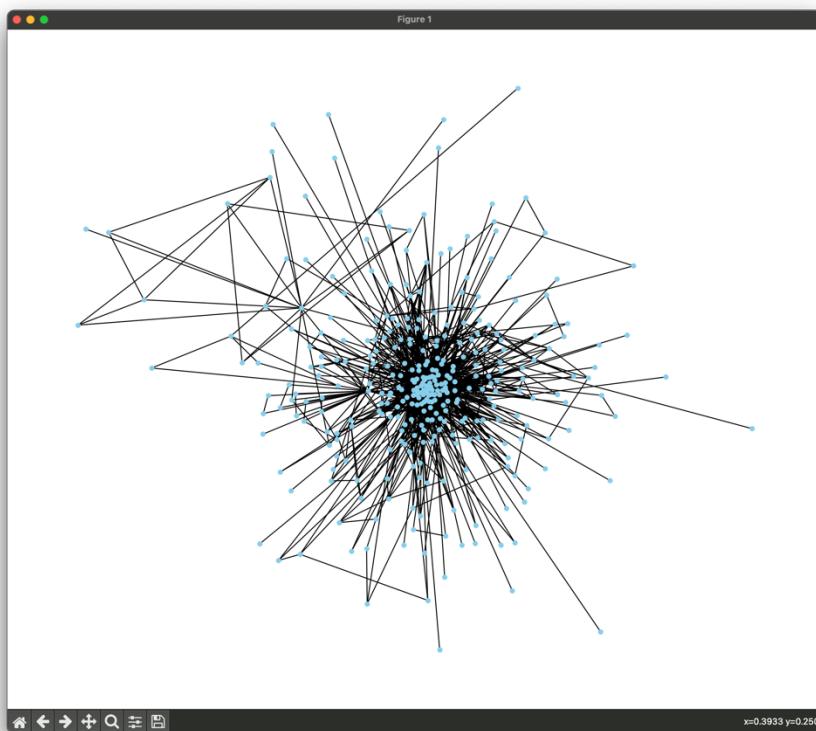
نمونه دیتا :

8 1 .1026

4 2 .0515

8 2 .0866

که به صورت نرمال قابل خواندن است حال به خود نتورک نگاهی بندازیم



همانطور که میبینیم یک هسته مرکزی داریم که خوش بسیار چگال و پر تراکمی است و در حاشیه تعدادی نود های پرت که خیلی درجه بالایی ندارند. که انتظار میرود توضیع نرمالی داشته باشد.

تعداد درجه ۱ که گپ آن است و هرچه دور تر میشویم نود هایی با درجه زیاد کمتر پیدا میشوند.

```
[Running] python3 -u "/Users/sj_ag77/Desktop/Complex network Dr Aliakbari/assignment 3_sajjad aghanasiri/USAirlines/main.py"
Number of nodes: 332
Number of edges: 2126
Metrics:
| Metric | Value | |
| 0 | Average Degree | 12.807229 |
| 1 | Density | 0.038693 |
| 2 | Diameter | 6.000000 |
| 3 | Average Clustering Coefficient | 0.625217 |
| 4 | Transitivity | 0.396392 |
| 5 | Average Shortest Path Length | 2.738125 |
| 6 | Assortativity (Degree Correlation) | -0.207876 |

Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [(118, 0.4199395770392749), (261, 0.3564954682779456), (255, 0.30513595166163143), (152, 0.283987915407855), (182, 0.283987915407855)]
Betweenness Centrality: [(118, 0.20830586985886954), (8, 0.17006973867446296), (261, 0.1531955411430337), (201, 0.09422863574735517), (47, 0.09281838103560969)]
Closeness Centrality: [(118, 0.6073394495412844), (261, 0.5544388609715243), (67, 0.5399673735725938), (255, 0.5355987055016181), (201, 0.533011272141707)]
PageRank Centrality: [(118, 0.03603465742291592), (261, 0.03173406805278732), (201, 0.023081638149434), (47, 0.02263384789929445), (67, 0.02231674679500937)]
Degree Centralization: 0.0011552835235794508
Closeness Centralization: 0.28926242318012463
Betweenness Centralization: 0.0012342559736294588
PageRank Centralization: 0.03313769945863244
2024-04-24 13:45:31.404 Python[62378:3379780] WARNING: Secure coding is not enabled for restorable state! Enable secure coding by implementing NSApplicationDelegate.applicationSupportsSecureRestorableState: and returning YES.
```

خب به سوراغ اولین مدل میرویم (ws):

$G = \text{generate_ws}(332, 14, 0.1)$

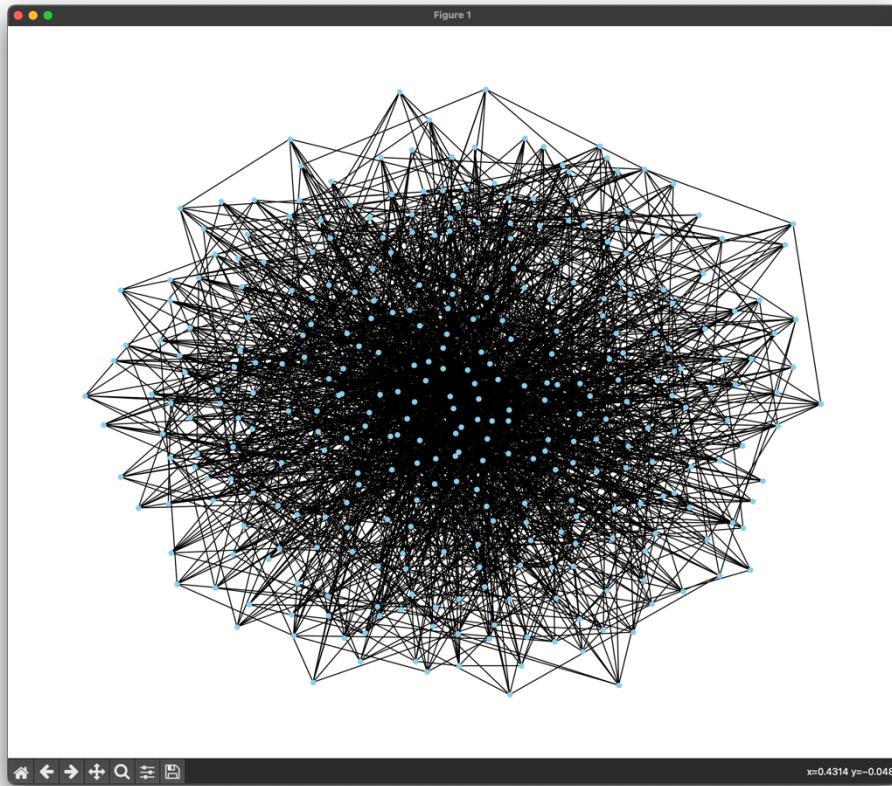
```
[Running] python3 -u "/Users/sj_ag77/Desktop/Complex network Dr Aliakbari/assignment 3_sajjad aghanasiri/twitter/main.py"
Number of nodes: 332
Number of edges: 2324
Metrics:
| Metric | Value | |
| 0 | Average Degree | 14.000000 |
| 1 | Density | 0.042296 |
| 2 | Diameter | 5.000000 |
| 3 | Average Clustering Coefficient | 0.514829 |
| 4 | Transitivity | 0.508316 |
| 5 | Average Shortest Path Length | 3.085648 |
| 6 | Assortativity (Degree Correlation) | -0.031273 |

Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [(262, 0.054380664652567974), (7, 0.0513595166163142), (21, 0.0513595166163142), (184, 0.0513595166163142), (320, 0.0513595166163142)]
Betweenness Centrality: [(297, 0.025878522456742523), (320, 0.024257822633773064), (94, 0.022726343843277524), (30, 0.0200043973844701), (137, 0.019431505992257094)]
Closeness Centrality: [(262, 0.22200000000000002), (7, 0.21100000000000001), (21, 0.20000000000000001), (184, 0.19000000000000001), (320, 0.18000000000000001)]
```

مقداری برای فیت کردن تعداد نود ها و یال ها مشکل داشت پس انتظاری نمیرود
 معیار های اول خیلی فیت شده باشند، قطر کاهش مقدار داشته که خب برای
 بررسی این مدل نتورک قطر بسیار مهم است چون راه هوایی است پس این یک
 دلیل خوب برای اینست که این مدل روکنار بگذاریم و میبینیم معیار های آخر نیز
 مقداری متفاوت هستند و شاید این مدل نتواند جواب نیاز ما را بدهد .

ولی میانگین کمترین فاصله بنظرم خوب فیت شده .

سروغ مدل بعدی یعنی barbasi :



```
[Running] python3 -u "/Users/sj_ag77/Desktop/Complex network Dr Aliakbari/assignment 3_sajjad aghanasiri/twitter/main.py"
Number of nodes: 332
Number of edges: 2275
Metrics:
| | | | | Metric      Value
0           Average Degree 13.704819
1           Density     0.041404
2           Diameter    4.000000
3   Average Clustering Coefficient 0.105519
4           Transitivity 0.089031
5   Average Shortest Path Length 2.431369
6 Assortativity (Degree Correlation) -0.065978

Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [(8, 0.2416918429003021), (9, 0.22356495468277945), (11, 0.2175226586102719), (13, 0.17220543806646527), (1, 0.1661631419939577)]
Betweenness Centrality: [(8, 0.07835469178933244), (9, 0.07341588012535402), (11, 0.0715894953782169), (28, 0.0423136265757388), (16, 0.04141172974503118)]
Closeness Centrality: [(8, 0.5677530017152659), (11, 0.5610169491525424), (9, 0.5581787521079258), (13, 0.533011272141707), (15, 0.533011272141707)]

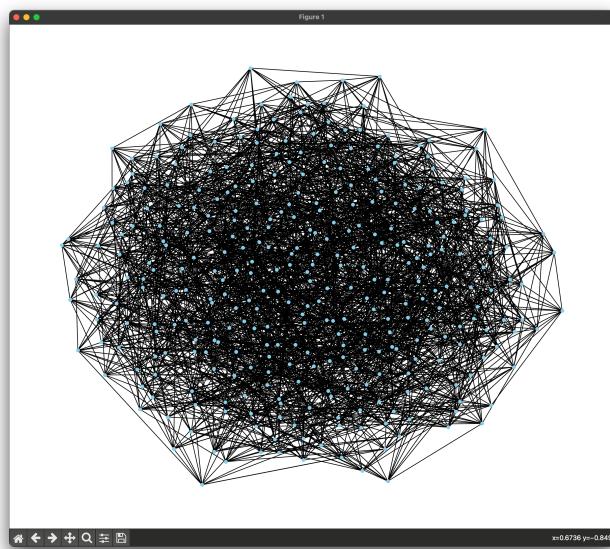
          Metric      Value
0           Average Degree 11.783133
1           Density     0.035599
2           Diameter    4.000000
3   Average Clustering Coefficient 0.107146
4           Transitivity 0.082222
5   Average Shortest Path Length 2.503949
6 Assortativity (Degree Correlation) -0.089376

Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [(5, 0.2326283987915408), (7, 0.21148036253776434), (8, 0.2054380664652568), (0, 0.18429003021148035), (12, 0.1782477341389728)]
Betweenness Centrality: [(5, 0.0933856428226368), (7, 0.08305221015318978), (8, 0.07493613112299352), (15, 0.06343818565194462), (12, 0.06337399885287853)]
Closeness Centrality: [(5, 0.5572390572390572), (8, 0.5544388609715243), (7, 0.5535117056856187), (0, 0.5390879478827362), (12, 0.533011272141707)]
PageRank Centrality: [(5, 0.0173330104203473), (7, 0.01582714953758457), (8, 0.01523926489697234), (0, 0.013613286966926692), (12, 0.0133986335640552)]
Degree Centralization: 0.0005070545840305106
Closeness Centralization: 0.23656388606469582
Betweenness Centralization: 0.0005396931093143506
```

اتفاق جالب این مدل این است که من یه چیزی بین این دو ورودی میخواستم ولی خب نمتوانستم بین این دو رو انتخاب کنم پس معیار های اولیه اصلا فیت نشد.

و قطر با فاصله عدد ۲ که دیگه کار رو برای این مدل خیلی سخت کرد . بقیه معیار ها هم نیز دور هستند و نشان دادن که این مدل نمره قبولی را نگرفته ولی فقط در یک معیار یعنی میانگین کوتاه ترین مسیر ها بسیار شبیه است که بنظرم برای بررسی یک رها هوایی معیار مهمی است پس میتوان بنظر روى این معیار روی این مدل حساب باز کرد ولی در کل یک مدل شکست خورده است .

مدل بعدی :random regular



```

scalar divide
    return (xy * (M - ab)).sum() / np.sqrt(vara * varb)

Metrics:
          Metric      Value
0   Average Degree  13.000000
1       Density  0.039275
2      Diameter  4.000000
3 Average Clustering Coefficient  0.031047
4        Transitivity  0.031047
5  Average Shortest Path Length  2.549303
6 Assortativity (Degree Correlation)  NaN

Top 5 Nodes based on Centrality Measures:
Degree Centrality: [(152, 0.03927492447129909), (246, 0.03927492447129909), (3, 0.03927492447129909), (303, 0.03927492447129909), (136, 0.03927492447129909)]
Betweenness Centrality: [(249, 0.005343236773690087), (218, 0.00518154371482811), (248, 0.005171243571375137), (22, 0.005138661473210918), (207, 0.005108991158744019)]
Closeness Centrality: [(248, 0.3983152827918171), (291, 0.39735894357743096), (330, 0.39735894357743096), (38, 0.39688249400479614), (22, 0.39688249400479614)]
PageRank Centrality: [(152, 0.0030120481927710854), (246, 0.0030120481927710854), (3, 0.0030120481927710854), (303, 0.0030120481927710854), (136, 0.0030120481927710854)]
Diameter Centralization: 0.0

```

قطر 4 چگالی کم ، کلاسترینگ پایین (که برعکس نتورک اصلی است (⊗))
کم نشان میدهد که کنترل ترافیک شبکه مستحکم است چون اگر betweenness
نودی پیدا شود که betweenness بالایی داشته باشد باید نود شلوغی باشد و
دارای ارزش بالاتری نیز است و خب برای راه های هوایی منطقی نیست و باید
 Traffیک پخش شود .

معیار های ۳، ۴، ۵. هم میبینیم به دلیل رندوم بودن قضیه بسیار فاصله دارند به آن
چیزی که ما میخوایم پس برای این نتورک نیز مدل اول بهتر و در صورتی که میانگین
کوتاه ترین فاصله برای ما مهم باشد از مدل دوم اگر استفاده کنیم.

References

- [1] "Visual studio code"
- [2] "NetworkX Library"
- [3] "Math Plot Library"
- [4] "NetworkRepository.com"
- [5] "Snap.stanford.edu/data/congress-twitter"
- [6] "Snap.stanford.edu/data/cisco-networks"