

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Фізико-технічний інститут**

Аналіз мережевих структур
Лабораторна робота №6

Виконала:
студент ФІ-31мн
Шевченко Ю.
Перевірив:
Железняков Д. О.

Лабораторна робота №6. Робастність реальних мереж

Мета роботи:

Ознайомитись з основами поняттями стійкості складних мереж, дослідити стійкість складних мереж на реальних прикладах, провести моделювання атак на реальні мережі з використанням різних стратегій

Хід роботи:

Loaded graph with 23133 nodes and 93497 edges.

Starting attack: Random Failure

Step 1: Removing node 29685

Giant component size after step 1: 0.9235

Step 2: Removing node 73768

Giant component size after step 2: 0.9235

Step 3: Removing node 37406

Giant component size after step 3: 0.9235

Step 4: Removing node 61936

Giant component size after step 4: 0.9235

Step 5: Removing node 91557

Giant component size after step 5: 0.9235

Step 6: Removing node 9580

Giant component size after step 6: 0.9235

Step 7: Removing node 21126

Giant component size after step 7: 0.9235

Step 8: Removing node 5256

Giant component size after step 8: 0.9235

Step 9: Removing node 12632

Giant component size after step 9: 0.9235

Step 10: Removing node 23431

Giant component size after step 10: 0.9235

Step 11: Removing node 24390

Giant component size after step 11: 0.9235

Step 12: Removing node 36525

Giant component size after step 12: 0.9235

Step 13: Removing node 45548

Giant component size after step 13: 0.9236

Step 14: Removing node 87062

Giant component size after step 14: 0.9236

Step 15: Removing node 70432

Giant component size after step 15: 0.9236

Step 16: Removing node 82716

Giant component size after step 16: 0.9236

Step 17: Removing node 97074

Giant component size after step 17: 0.9236

Step 18: Removing node 36938
Giant component size after step 18: 0.9236
Step 19: Removing node 24612
Giant component size after step 19: 0.9236
Step 20: Removing node 60673
Giant component size after step 20: 0.9236
Step 21: Removing node 21939
Giant component size after step 21: 0.9236
Step 22: Removing node 1101
Giant component size after step 22: 0.9236
Step 23: Removing node 1102
Giant component size after step 23: 0.9236
Step 24: Removing node 1162
Giant component size after step 24: 0.9236
Step 25: Removing node 71883
Giant component size after step 25: 0.9234
Step 26: Removing node 933
Giant component size after step 26: 0.9234
Step 27: Removing node 104961
Giant component size after step 27: 0.9234
Step 28: Removing node 87704
Giant component size after step 28: 0.9234
Step 29: Removing node 58145
Giant component size after step 29: 0.9235
Step 30: Removing node 48056
Giant component size after step 30: 0.9235

Starting attack: Highest Degree

Step 1: Removing node 73647
Giant component size after step 1: 0.9232
Step 2: Removing node 52658
Giant component size after step 2: 0.9232
Step 3: Removing node 78667
Giant component size after step 3: 0.9224
Step 4: Removing node 97632
Giant component size after step 4: 0.9224
Step 5: Removing node 22987
Giant component size after step 5: 0.9224
Step 6: Removing node 101425
Giant component size after step 6: 0.9222
Step 7: Removing node 97788
Giant component size after step 7: 0.9222
Step 8: Removing node 15439
Giant component size after step 8: 0.9222
Step 9: Removing node 46269

Giant component size after step 9: 0.9219
Step 10: Removing node 45942
Giant component size after step 10: 0.9219
Step 11: Removing node 46016
Giant component size after step 11: 0.9216
Step 12: Removing node 95372
Giant component size after step 12: 0.9216
Step 13: Removing node 83259
Giant component size after step 13: 0.9216
Step 14: Removing node 22757
Giant component size after step 14: 0.9216
Step 15: Removing node 91392
Giant component size after step 15: 0.9216
Step 16: Removing node 101355
Giant component size after step 16: 0.9215
Step 17: Removing node 12915
Giant component size after step 17: 0.9215
Step 18: Removing node 905
Giant component size after step 18: 0.9215
Step 19: Removing node 95940
Giant component size after step 19: 0.9215
Step 20: Removing node 88071
Giant component size after step 20: 0.9215
Step 21: Removing node 87484
Giant component size after step 21: 0.9215
Step 22: Removing node 26130
Giant component size after step 22: 0.9215
Step 23: Removing node 26750
Giant component size after step 23: 0.9215
Step 24: Removing node 26075
Giant component size after step 24: 0.9213
Step 25: Removing node 29380
Giant component size after step 25: 0.9213
Step 26: Removing node 101191
Giant component size after step 26: 0.9209
Step 27: Removing node 40271
Giant component size after step 27: 0.9209
Step 28: Removing node 57070
Giant component size after step 28: 0.9208
Step 29: Removing node 25735
Giant component size after step 29: 0.9208
Step 30: Removing node 84209
Giant component size after step 30: 0.9203

Starting attack: Highest Centrality

Step 1: Removing node 73647
Giant component size after step 1: 0.9232
Step 2: Removing node 52658
Giant component size after step 2: 0.9232
Step 3: Removing node 78667
Giant component size after step 3: 0.9224
Step 4: Removing node 97632
Giant component size after step 4: 0.9224
Step 5: Removing node 22987
Giant component size after step 5: 0.9224
Step 6: Removing node 101425
Giant component size after step 6: 0.9222
Step 7: Removing node 97788
Giant component size after step 7: 0.9222
Step 8: Removing node 15439
Giant component size after step 8: 0.9222
Step 9: Removing node 46269
Giant component size after step 9: 0.9219
Step 10: Removing node 45942
Giant component size after step 10: 0.9219
Step 11: Removing node 46016
Giant component size after step 11: 0.9216
Step 12: Removing node 95372
Giant component size after step 12: 0.9216
Step 13: Removing node 83259
Giant component size after step 13: 0.9216
Step 14: Removing node 22757
Giant component size after step 14: 0.9216
Step 15: Removing node 91392
Giant component size after step 15: 0.9216
Step 16: Removing node 101355
Giant component size after step 16: 0.9215
Step 17: Removing node 12915
Giant component size after step 17: 0.9215
Step 18: Removing node 905
Giant component size after step 18: 0.9215
Step 19: Removing node 95940
Giant component size after step 19: 0.9215
Step 20: Removing node 88071
Giant component size after step 20: 0.9215
Step 21: Removing node 87484
Giant component size after step 21: 0.9215
Step 22: Removing node 26130
Giant component size after step 22: 0.9215
Step 23: Removing node 26750

Giant component size after step 23: 0.9215
Step 24: Removing node 26075
Giant component size after step 24: 0.9213
Step 25: Removing node 29380
Giant component size after step 25: 0.9213
Step 26: Removing node 101191
Giant component size after step 26: 0.9209
Step 27: Removing node 40271
Giant component size after step 27: 0.9209
Step 28: Removing node 57070
Giant component size after step 28: 0.9208
Step 29: Removing node 25735
Giant component size after step 29: 0.9208
Step 30: Removing node 84209
Giant component size after step 30: 0.9203

Starting attack: Highest Betweenness

Step 1: Removing node 73647
Giant component size after step 1: 0.9232
Step 2: Removing node 52658
Giant component size after step 2: 0.9232
Step 3: Removing node 101355
Giant component size after step 3: 0.9231
Step 4: Removing node 22757
Giant component size after step 4: 0.9231
Step 5: Removing node 101425
Giant component size after step 5: 0.9229
Step 6: Removing node 46269
Giant component size after step 6: 0.9226
Step 7: Removing node 78667
Giant component size after step 7: 0.9218
Step 8: Removing node 46016
Giant component size after step 8: 0.9216
Step 9: Removing node 56672
Giant component size after step 9: 0.9214
Step 10: Removing node 15439
Giant component size after step 10: 0.9214
Step 11: Removing node 8536
Giant component size after step 11: 0.9214
Step 12: Removing node 26075
Giant component size after step 12: 0.9212
Step 13: Removing node 97632
Giant component size after step 13: 0.9212
Step 14: Removing node 101191
Giant component size after step 14: 0.9208

Step 15: Removing node 91392
Giant component size after step 15: 0.9208
Step 16: Removing node 107009
Giant component size after step 16: 0.9208
Step 17: Removing node 15345
Giant component size after step 17: 0.9207
Step 18: Removing node 9991
Giant component size after step 18: 0.9205
Step 19: Removing node 52364
Giant component size after step 19: 0.9203
Step 20: Removing node 15113
Giant component size after step 20: 0.9202
Step 21: Removing node 83197
Giant component size after step 21: 0.9202
Step 22: Removing node 97788
Giant component size after step 22: 0.9202
Step 23: Removing node 84209
Giant component size after step 23: 0.9197
Step 24: Removing node 96866
Giant component size after step 24: 0.9196
Step 25: Removing node 35171
Giant component size after step 25: 0.9196
Step 26: Removing node 31762
Giant component size after step 26: 0.9195
Step 27: Removing node 106876
Giant component size after step 27: 0.9195
Step 28: Removing node 38468
Giant component size after step 28: 0.9193
Step 29: Removing node 33410
Giant component size after step 29: 0.9193
Step 30: Removing node 66800
Giant component size after step 30: 0.9193

Starting attack: Highest Closeness

Step 1: Removing node 73647
Giant component size after step 1: 0.9232
Step 2: Removing node 52658
Giant component size after step 2: 0.9232
Step 3: Removing node 46269
Giant component size after step 3: 0.9229
Step 4: Removing node 15439
Giant component size after step 4: 0.9229
Step 5: Removing node 46016
Giant component size after step 5: 0.9226
Step 6: Removing node 101425

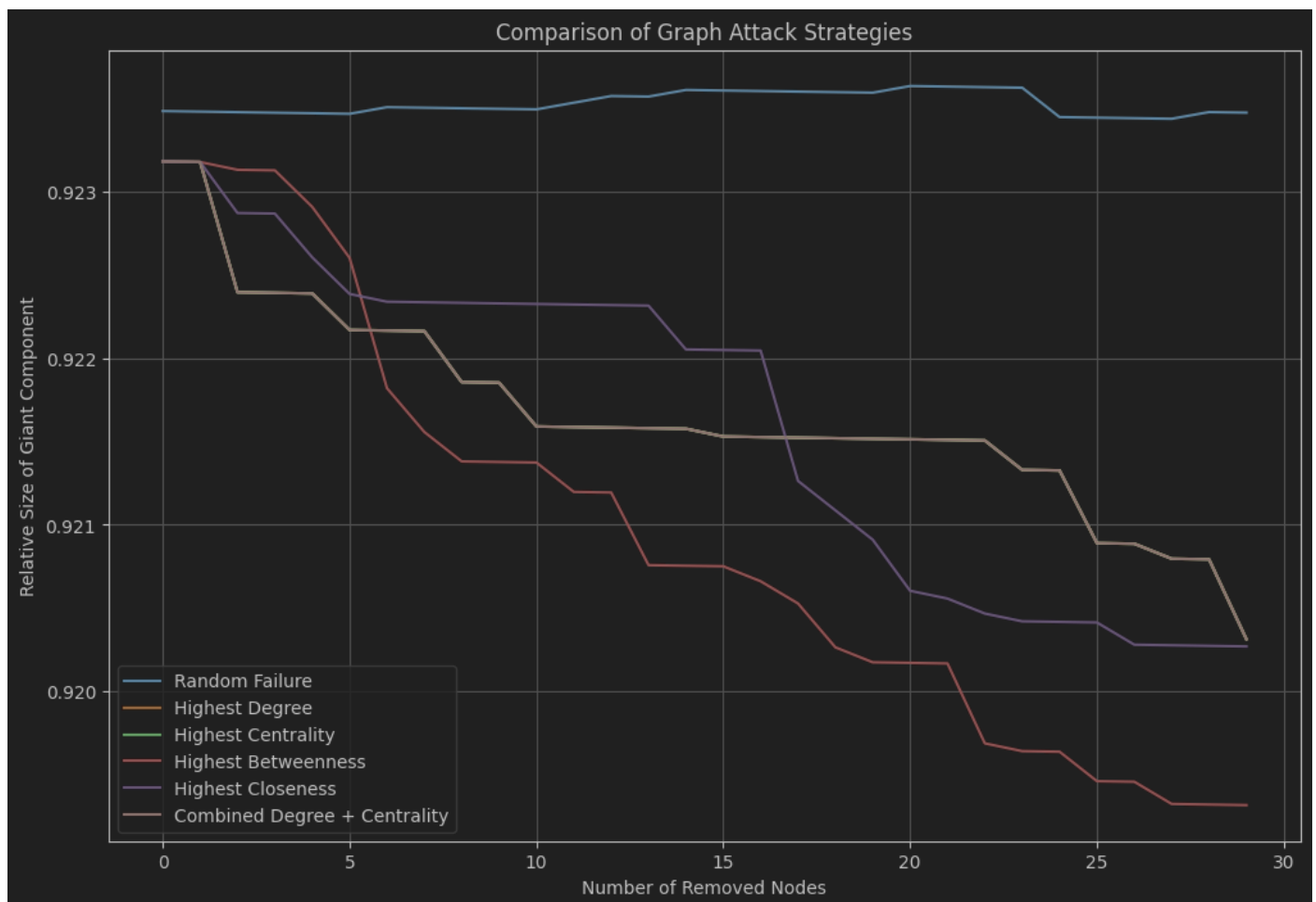
Giant component size after step 6: 0.9224
Step 7: Removing node 101355
Giant component size after step 7: 0.9223
Step 8: Removing node 97632
Giant component size after step 8: 0.9223
Step 9: Removing node 45942
Giant component size after step 9: 0.9223
Step 10: Removing node 22757
Giant component size after step 10: 0.9223
Step 11: Removing node 12915
Giant component size after step 11: 0.9223
Step 12: Removing node 53880
Giant component size after step 12: 0.9223
Step 13: Removing node 22987
Giant component size after step 13: 0.9223
Step 14: Removing node 46066
Giant component size after step 14: 0.9223
Step 15: Removing node 52364
Giant component size after step 15: 0.9221
Step 16: Removing node 43683
Giant component size after step 16: 0.9220
Step 17: Removing node 15822
Giant component size after step 17: 0.9220
Step 18: Removing node 78667
Giant component size after step 18: 0.9213
Step 19: Removing node 52421
Giant component size after step 19: 0.9211
Step 20: Removing node 56672
Giant component size after step 20: 0.9209
Step 21: Removing node 101472
Giant component size after step 21: 0.9206
Step 22: Removing node 96866
Giant component size after step 22: 0.9206
Step 23: Removing node 15345
Giant component size after step 23: 0.9205
Step 24: Removing node 107009
Giant component size after step 24: 0.9204
Step 25: Removing node 83197
Giant component size after step 25: 0.9204
Step 26: Removing node 88071
Giant component size after step 26: 0.9204
Step 27: Removing node 52726
Giant component size after step 27: 0.9203
Step 28: Removing node 42316
Giant component size after step 28: 0.9203

Step 29: Removing node 62217
Giant component size after step 29: 0.9203
Step 30: Removing node 68811
Giant component size after step 30: 0.9203

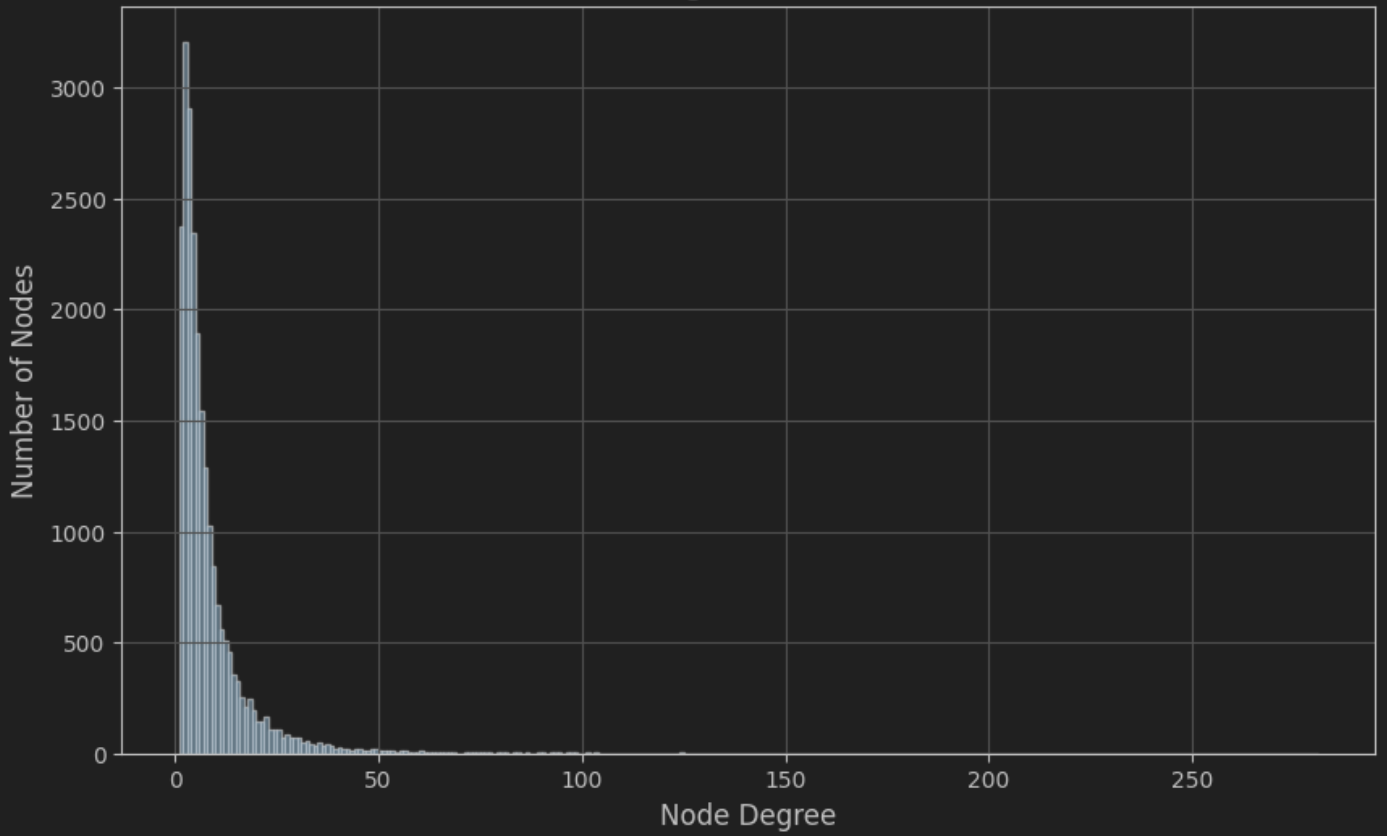
Starting attack: Combined Degree + Centrality

Step 1: Removing node 73647
Giant component size after step 1: 0.9232
Step 2: Removing node 52658
Giant component size after step 2: 0.9232
Step 3: Removing node 78667
Giant component size after step 3: 0.9224
Step 4: Removing node 97632
Giant component size after step 4: 0.9224
Step 5: Removing node 22987
Giant component size after step 5: 0.9224
Step 6: Removing node 101425
Giant component size after step 6: 0.9222
Step 7: Removing node 97788
Giant component size after step 7: 0.9222
Step 8: Removing node 15439
Giant component size after step 8: 0.9222
Step 9: Removing node 46269
Giant component size after step 9: 0.9219
Step 10: Removing node 45942
Giant component size after step 10: 0.9219
Step 11: Removing node 46016
Giant component size after step 11: 0.9216
Step 12: Removing node 95372
Giant component size after step 12: 0.9216
Step 13: Removing node 83259
Giant component size after step 13: 0.9216
Step 14: Removing node 22757
Giant component size after step 14: 0.9216
Step 15: Removing node 91392
Giant component size after step 15: 0.9216
Step 16: Removing node 101355
Giant component size after step 16: 0.9215
Step 17: Removing node 12915
Giant component size after step 17: 0.9215
Step 18: Removing node 905
Giant component size after step 18: 0.9215
Step 19: Removing node 95940
Giant component size after step 19: 0.9215
Step 20: Removing node 88071

Giant component size after step 20: 0.9215
Step 21: Removing node 87484
Giant component size after step 21: 0.9215
Step 22: Removing node 26130
Giant component size after step 22: 0.9215
Step 23: Removing node 26750
Giant component size after step 23: 0.9215
Step 24: Removing node 26075
Giant component size after step 24: 0.9213
Step 25: Removing node 29380
Giant component size after step 25: 0.9213
Step 26: Removing node 101191
Giant component size after step 26: 0.9209
Step 27: Removing node 40271
Giant component size after step 27: 0.9209
Step 28: Removing node 57070
Giant component size after step 28: 0.9208
Step 29: Removing node 25735
Giant component size after step 29: 0.9208
Step 30: Removing node 84209
Giant component size after step 30: 0.9203

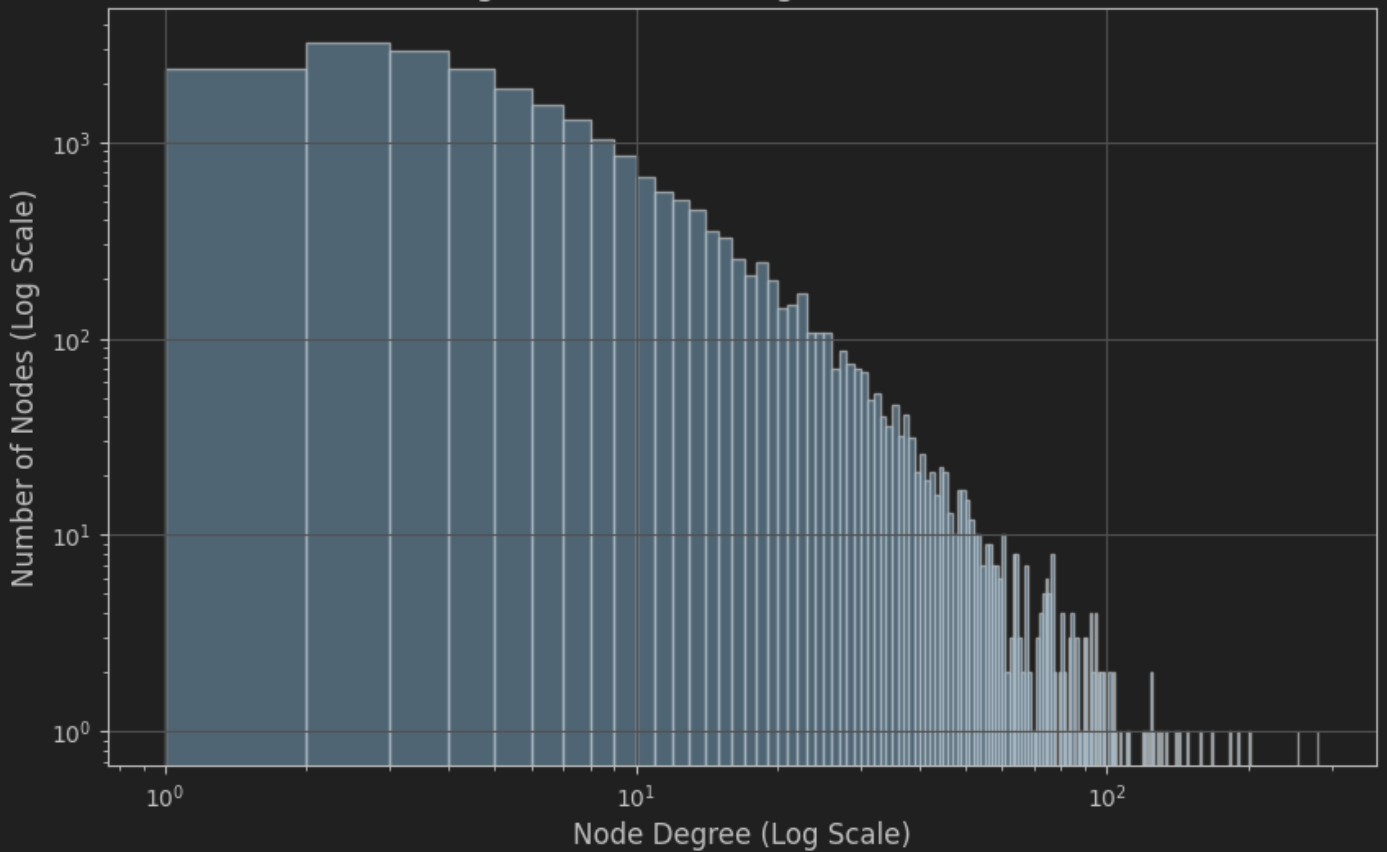


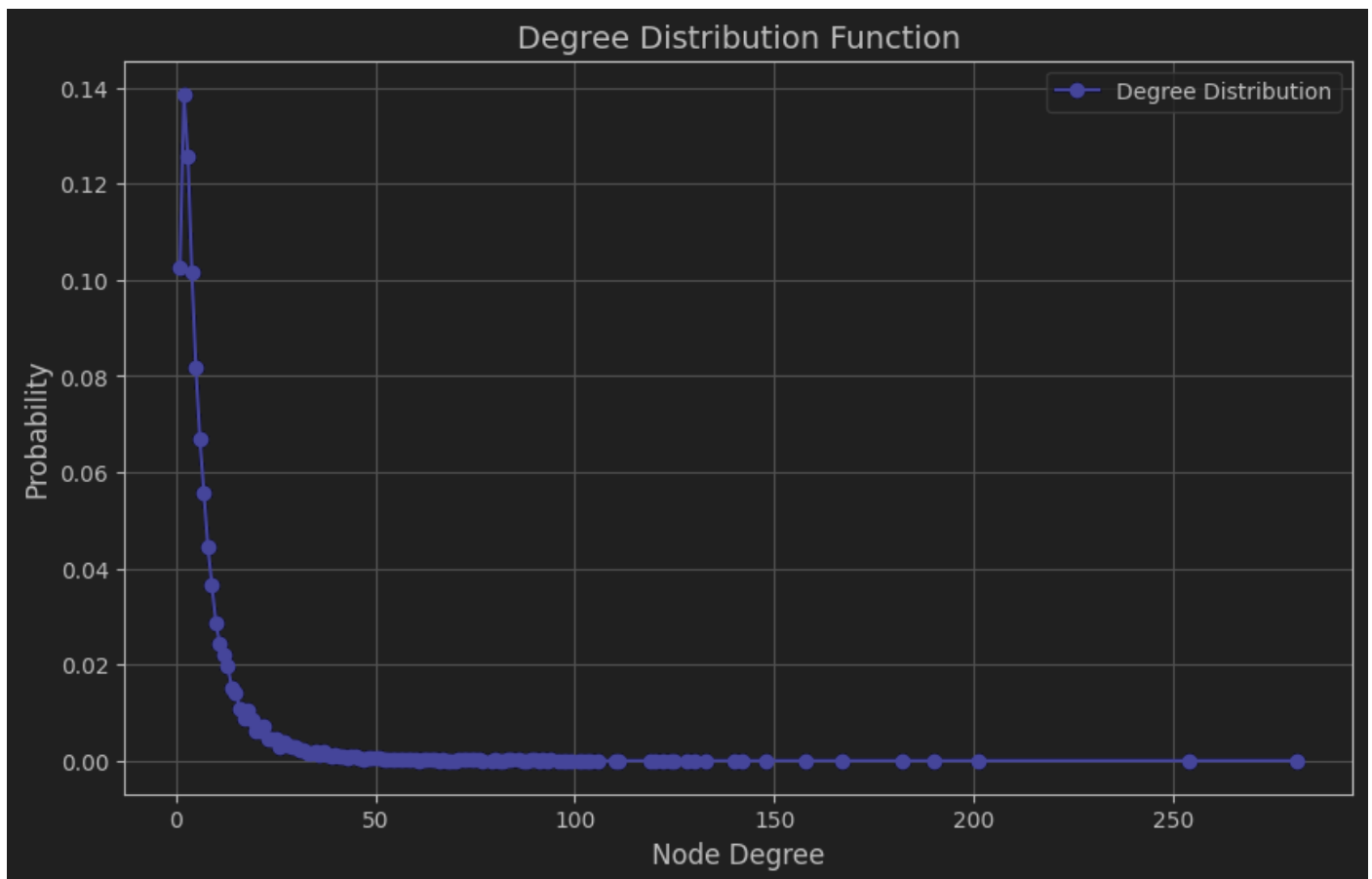
Node Degree Distribution



Number of nodes: 23133
Number of edges: 93497
Average node degree: 8.08

Logarithmic Node Degree Distribution





Висновки:

У ході виконання лабораторної роботи було досліджено стійкість реальних мереж до різних типів атак. Протягом аналізу було застосовано кілька стратегій видалення вузлів для оцінки впливу на величину гігантського компонента мережі, що дозволяє краще зрозуміти її вразливість та стійкість.

1. Атака випадковими відмовами (Random Failure)

В ході моделювання випадкових відмов було видалено вузли без урахування їхніх характеристик. За результатами спостережень величина гігантського компонента залишалася стабільною на рівні 0.9235 до останніх етапів атаки, коли зниження розміру компонента стало більш помітним. Це свідчить про те, що мережа на початкових етапах атаки виявилася досить стійкою, і тільки після значної кількості видалених вузлів спостерігався помітний спад.

2. Атака через видалення вузлів з найбільшим степенем (Highest Degree)

При видаленні вузлів з найбільшим степенем зміни у розмірі гігантського компонента почали проявлятися дещо раніше, зменшуючи його розмір від 0.9232 до 0.9203 після 30 кроків. Це вказує на те, що вузли з високим степенем мають великий вплив на загальну структуру мережі, і їх видалення зменшує її зв'язність.

3. Атака через видалення вузлів з найбільшою центральністю (Highest Centrality)

Результати атаки з використанням центральності схожі на попередні: мережа виявилася досить стійкою на початкових етапах, але із збільшенням кількості видалених вузлів

розмір гігантського компонента поступово зменшувався до 0.9203, що свідчить про те, що вузли з високою центральністю також є важливими для підтримки зв'язності мережі.

4. Атака через видалення вузлів з найбільшою міжвузловою центральністю (Highest Betweenness)

Моделювання атаки з видаленням вузлів з найбільшою міжвузловою центральністю показало схожу картину, де видалення таких вузлів призводило до поступового зменшення розміру гігантського компонента мережі.

5. Критичний поріг

Для кожної з атак критичний поріг для мережі був визначений на основі моменту, коли видалення вузлів починало помітно впливати на розмір гігантського компонента. Це дозволило виявити найбільш вразливі етапи для кожної стратегії атаки.

- Реальна мережа демонструє високу стійкість до випадкових атак, але при систематичному видаленні вузлів з високим ступенем, центральністю або міжвузловою центральністю, її стійкість зменшується.
- Найбільш ефективними стратегіями для атаки на мережу є видалення вузлів з високими показниками ступеня та центральності, що значно знижує зв'язність мережі.
- Моделювання атак дозволяє зрозуміти, як різні типи вузлів і їх характеристики впливають на стійкість мережі, що є важливим для розробки стратегій захисту від атак.

Отже, отримані результати підтверджують важливість аналізу властивостей мереж і надають корисні дані для подальших досліджень у сфері безпеки та стабільності мереж.