# Leksioni 9

Endri Raco

06 May, 2024

Section 1

# Python për Analizën e Rrjetit

# Python për Analizën e Rrjetit

- Në Python ne përdorim një kombinim të librarive të specializuara për analizimin e rrjetave.

- **networkx** (importuar si nx): Një nga paketat kryesore për të punuar me të dhëna rrjeti
- **osmnx**: Një paketë për të nxjerrë të dhëna rrjeti nga OpenStreetMap dhe për t'i manipuluar ato në networkx për analizë komplekse të rrjeteve (https://github.com/gboeing/osmnx).

# Python për Analizën e Rrjetit

- Këto paketa mbështesin disa nga funksionalitetet e njëjta të implementuara në ESRI-të e famshme ArcGIS Network Analyst.

Section 2

# Shkenca e Rrjetave

- Rrjetet, të njohura gjithashtu si grafe, janë një strukturë thelbësore e të dhënave që lejon përfaqësimin e sistemeve.
- Një **nyje** (node) (e quajtur gjithashtu vertex) është një element i rrjetit që përfaqëson një entitet (p.sh., një person, një mjet, një kafshë, një stacion, një organizatë).

- Një **skaj** (edge) (i quajtur gjithashtu link) është një lidhje midis dy nyjeve dhe mund të ketë atribute.
- Një skaj përfaqëson një marrëdhënie midis dy nyjeve (p.sh., një miqësi midis dy personave, një hekurudhë midis dy stacioneve të trenit, një telefonatë midis dy përdoruesve të telefonit).
- Një skaj mund të jetë **i drejtuar** (directed) (a –> b dhe b –> a janë dy skaje të veçanta) ose **i pa drejtuar** (undirected) (a – b nuk ka drejtim).

- *networkx* mbështet krijimin e llojeve të ndryshme të rrjeteve dhe ofron implementime të shumë algoritmeve dhe metrikave të grafeve.

# Problemet e Grafeve

- Një nga shembujt më të hershëm të problemeve teorike të grafeve është shtatë urat e Königsberg.
- A ka një rrugë që kalon çdo urë saktësisht një herë?

- Leonhard Euler (1735) tregoi se një shëtitje e tillë nuk ekzistonte duke formuluar problemin si një graf

# Rrjetet Gjeohapësinore

- Në shkencën e të dhënave gjeografike, rrjetet gjeohapësinore janë rrjete ku vendndodhja e nyjeve dhe skajeve është e nevojshme për t'i studiuar dhe përdorur për analizë.
- Të tilla rrjete janë të kudogjendura dhe përfshijnë rrjetet e transportit, rrjetet hidrologjike, matricat origjinë-destinacion (të dhëna të rrjedhës), rrjetet e energjisë dhe rrjetet tregtare.

- Një nga problemet themelore në grafe është llogaritja e rrugës më të shkurtër midis dy nyjeve.
- Ky problem ka aplikime të panumërta në sektorin gjeohapësinor, duke përfshirë rrugëtimin nga pika A në B.

- Që nga viti 1956, algoritmi i Dijkstra ka qenë mënyra më e famshme për të llogaritur një rrugë më të shkurtër në një graf me peshë.

# Algoritmi i Dijkstra

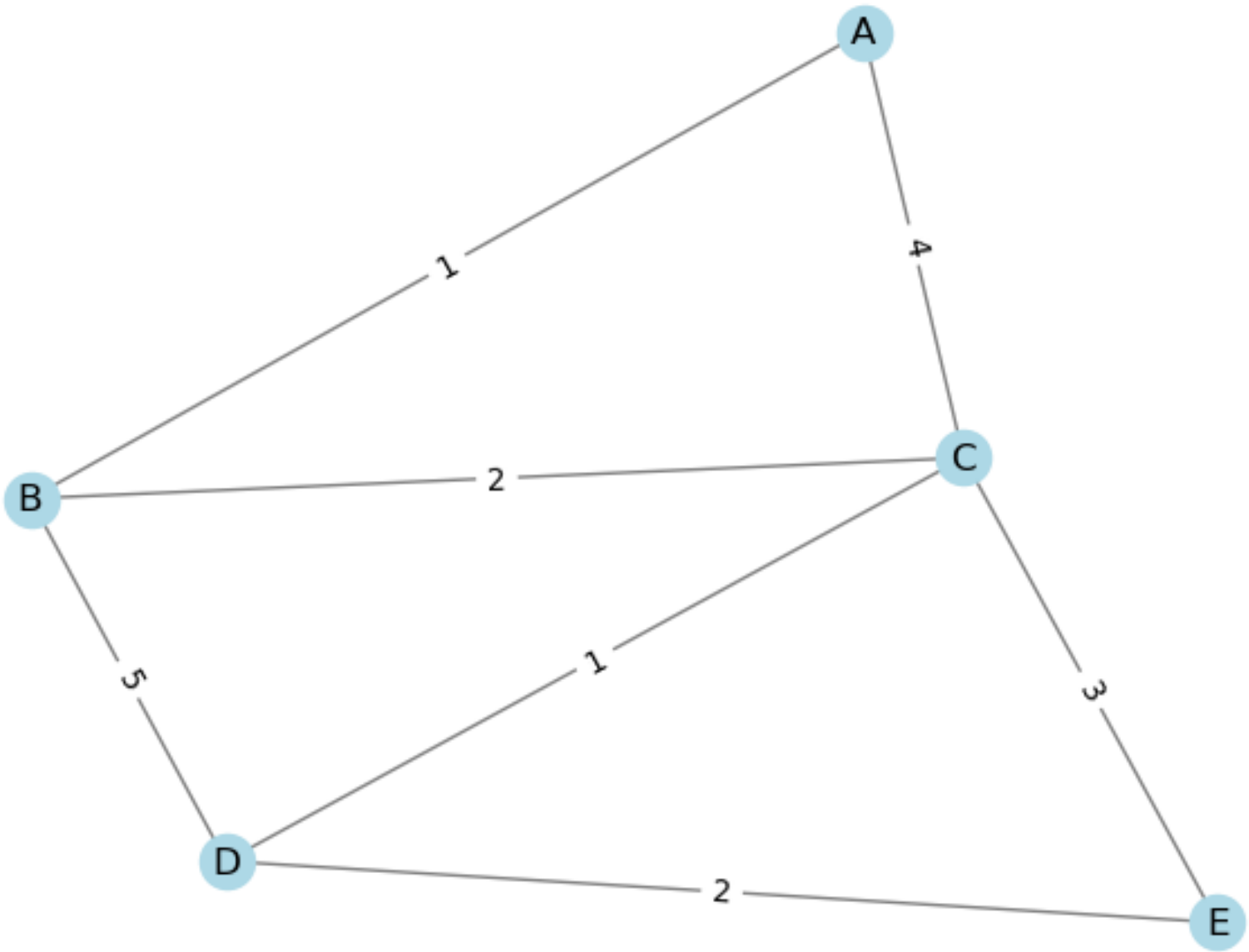
```
## Prezantimi i Grafit dhe Nyjeve

import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt

# Krijoni graf-in
G = nx.Graph()
edges = [
    ('A', 'B', 1),
    ('A', 'C', 4),
    ('B', 'C', 2),
    ('B', 'D', 5),
    ('C', 'D', 1),
    ('C', 'E', 3),
    ('D', 'E', 2)
]
G.add_weighted_edges_from(edges)

# Vizualizoni graf-in
pos = nx.spring_layout(G)
nx.draw(G, pos, with_labels=True, node_color='lightblue', edge_color='grey')
labels = nx.get_edge_attributes(G, 'weight')
nx.draw_networkx_edge_labels(G, pos, edge_labels=labels)
plt.show()
```

# Algoritmi i Dijkstra



# Algoritmi i Dijkstra - Hapi 1

Filloni me nyjen fillestare (A)

- Distanca nga A në A: 0

# Algoritmi i Dijkstra - Hapi 2

Filloni me nyjen fillestare (A)

- Distanca nga A te fqinjët:

  B: 1

  C: 4

- Rrugët më të shkurtra:

  A -> A: 0

  A -> B: 1

  A -> C: 4

# Algoritmi i Dijkstra - Hapi 3

Zgjidhni nyjen më të afërt (B)

- Distanca nga B te fqinjët:

  C: 3 (1 + 2)

  D: 6 (1 + 5)

- Rrugët më të shkurtra:
- A -> B: 1
- A -> C: 3 (via B)
- A -> D: 6 (via B)

# Algoritmi i Dijkstra - Hapi 4

Zgjidhni nyjen më të afërt të ardhshme (C)

- Distanca nga C te fqinjët:

  D: 4 (3 + 1)

  E: 6 (3 + 3)

- Rrugët më të shkurtra:

  A -> B: 1

  A -> C: 3 (via B)

  A -> D: 4 (via C)

  A -> E: 6 (via C)

# Algoritmi i Dijkstra - Hapi 5

Zgjidhni nyjen më të afërt të ardhshme (D)

- Distanca nga D te fqinjët:

  E: 6 (via C)

- Rrugët më të shkurtra:

  A -> B: 1

  A -> C: 3 (via B)

  A -> D: 4 (via C)

  A -> E: 6 (via C)

Distancat më të shkurtra janë: {‘A’: (None, 0), ‘B’: (‘A’, 1), ‘C’: (‘B’, 3), ‘D’: (‘C’, 4), ‘E’: (‘C’, 6)} Rruga më e shkurtër nga A në E është: [‘A’, ‘B’, ‘C’, ‘E’] me total 6.

# Algoritmi i Dijkstra - Hapi 4

```
import networkx as nx

# Krijoni graf-in
G = nx.Graph()
edges = [
    ('A', 'B', 1),
    ('A', 'C', 4),
    ('B', 'C', 2),
    ('B', 'D', 5),
    ('C', 'D', 1),
    ('C', 'E', 3),
    ('D', 'E', 2)
]
G.add_weighted_edges_from(edges)

# Filloni me nyjen 'A'
shortest_paths = {'A': (None, 0)}  # Nyja 'A' me kosto zero
current_node = 'A'
visited = set()

# Hapi 2 dhe 3: Zgjidhni nyjen më të afërt dhe llogaritni distancat
def calculate_shortest_paths(graph, start_node):
    visited = set()
    shortest_paths = {start_node: (None, 0)}
    current_node = start_node

    while current_node:
        visited.add(current_node)
        destinations = graph[current_node]
        weight_to_current_node = shortest_paths[current_node][1]
```

# Algoritmi i Dijkstra - Hapi 4

```
        for next_node, weight in destinations.items():
            weight = weight['weight']
            total_weight = weight_to_current_node + weight
            if next_node not in shortest_paths:
                shortest_paths[next_node] = (current_node, total_weight)
            else:
                current_weight = shortest_paths[next_node][1]
                if current_weight > total_weight:
                    shortest_paths[next_node] = (current_node, total_weight)

        next_destinations = {node: shortest_paths[node] for node in shortest_paths if node not in visited}
        if not next_destinations:
            break
        current_node = min(next_destinations, key=lambda k: next_destinations[k][1])

    return shortest_paths
```

# Algoritmi i Dijkstra - Hapi 4

```python
# Llogaritni rrugët më të shkurtra nga 'A' në të gjitha nyjet
shortest_paths = calculate_shortest_paths(G, 'A')
print("Distancat më të shkurtra janë:", shortest_paths)

# Për rrugën më të shkurtër nga A në E
def get_path(shortest_paths, end_node):
    path = []
    while end_node:
        path.append(end_node)
        next_node = shortest_paths[end_node][0]
        end_node = next_node
    path = path[::-1]
    return path

# Gjeni rrugën më të shkurtër nga A në E
shortest_path = get_path(shortest_paths, 'E')
print("Rruga më e shkurtër nga A në E është:", shortest_path)
```

# Krijimi i Grafit

- Le të krijojmë një graf me skaje të peshësuara.
- Peshat mund të përfaqësojnë për shembull koston e përshkimit të një skaji (p.sh., një skaj i gjatë ka një peshë më të madhe se një i shkurtër) dhe përdoren shumë shpesh për të përfaqësuar sisteme.

# Krijimi i Grafit

Në disa skenarë, grafet mund të krijohen dhe popullohen drejtpërdrejt me networkx:

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

# krijoni një graf të thjeshtë të pa drejtuar
g = nx.Graph(name='graf i vogël')

# shtoni skaje me një atribut (peshë)
g.add_edge('a', 'b', weight=0.1)
g.add_edge('b', 'c', weight=1.5)
g.add_edge('a', 'c', weight=1.0)
g.add_edge('c', 'd', weight=2.2)

# Printoni informacionin e grafit
print("Emri:", g.graph['name'])
print("Tipi:", type(g))
print("Numri i nyjeve:", g.number_of_nodes())
print("Numri i skajeve:", g.number_of_edges())
print("Shkalla mesatare:", sum(dict(g.degree()).values()) / g.number_of_nodes())
```

# Vizualizimi i Grafit

- Veçanërisht për rrjete të vogla, është e mundur t'i vizatojmë ato drejtpërdrejt.
- Vini re se ky graf i pa drejtuar është jo-hapësinor, në kuptimin që nyjet nuk kanë një vendndodhje të caktuar hapësinore.

# Vizualizimi i Grafit

```
# gjeneroni pozicionet e nyjeve duke përdorur një paraqitje të njohur
pos = nx.spring_layout(g)

# hapni vizatimin
nx.draw_networkx(g, pos=pos, font_color='white')

# vizatoni etiketat e skajeve
nx.draw_networkx_edge_labels(g, pos=pos)

# vizatoni skajet
nx.draw_networkx_edges(g, pos=pos)

# shfaqni graf-in
plt.show()
```

# Aksesimi i Elementeve të Grafit

- Elementet e grafit mund të aksesohen drejtpërdrejt

```
# Nyjet e grafit
g.nodes
# NodeView(('a', 'b', 'c', 'd'))

# Skajet e grafit
g.edges
# EdgeView([('a', 'b'), ('a', 'c'), ('b', 'c'), ('c', 'd')])
```

# Aksesimi i Elementeve të Grafit

```python
# shikoni nyjet fqinje të nyjës 'a':
for node_nei in g.neighbors('a'):
    print(node_nei)
```

# Aksesimi i Atributeve

```
weights = nx.get_edge_attributes(g, 'weight')
weights
# {('a', 'b'): 0.1, ('a', 'c'): 1.0, ('b', 'c'): 1.5, ('c', 'd'): 2.2}
```

# Llogaritja e Rrugës më të Shkurtër

- Tani mund të përdorim **networkx** për të llogaritur rrugën më të shkurtër midis nyjeve.
- Fillimisht, mund të llogarisim rrugën më të shkurtër të peshuar (**unweighted shortest path**), duke supozuar se të gjitha skajet kanë të njëjtën peshë:

# Llogaritja e Rrugës më të Shkurtër

```
unweighted_path = nx.shortest_path(g, 'b', 'd')
unweighted_path
```

# Rruga e Peshuar

- Tani, mund të shohim rrugën më të shkurtër të peshuar (**weighted shortest path**), duke vënë re se shuma e peshave të **(bacd)** është më e lehtë se **(bcd)**:

# Rruga e Peshua

```
weighted_path = nx.shortest_path(g, 'b', 'd', weight='weight')
weighted_path
```

# Metrikat e Rrjetit

- Për të përshkruar dhe kuptuar rrjetet, janë krijuar shumë metrika.
- Për shembull, ne mund të shohim se sa skaje janë të lidhura me një nyje (shkalla (**degree** ) e një nyje).

# Metrikat e Rrjetit

- Nyja ‘a’ ka dy skaje, ndërsa ‘c’ ka 3.
- Disa nyje me shkallë të lartë janë “qendra”, duke lidhur shumë nyje: Për shembull, në rrjetet sociale, politikanët janë qendra.

- Qendra (**centrality**) i një nyje është gjithashtu i rëndësishëm: Sa "hapje" në skaje janë të nevojshme për të arritur të gjitha nyjet e tjera?

# Metrikat e Rrjetit

- Për shembull, Londra është një qendër e udhëtimeve ajrore më e rëndësishme se çdo qytet tjetër në Mbretërinë e Bashkuar

# Metrikat e Rrjetit

```
import networkx as nx

# Krijo graf-in
g = nx.Graph(name='graf i vogël')
g.add_edge('a', 'b', weight=0.1)
g.add_edge('b', 'c', weight=1.5)
g.add_edge('a', 'c', weight=1.0)
g.add_edge('c', 'd', weight=2.2)

# Ekstraktoni të gjitha shkallët: kjo është zakonisht një pjesë e rëndësishme e informacionit për të kuptuar str
g.degree()
```

# Metrikat e Rrjetit

```
# Nxirrni shkallët në një listë të thjeshtë
degrees = [deg for node, deg in g.degree()]
degrees
```

# Metrikat e Rrjetit

```
# 'c' është nyja më qendrore, pasi mund të arrijmë të gjitha nyjet e tjera me numrin më të vogël të hapave, ndër
nx.algorithms.centrality.degree_centrality(g)
```

# Centraliteti dhe Pesha

- Një tjetër metrikë popullore e qendralitetit është **betweeness centrality** i bazuar në rrugët më të shkurtra midis nyjeve

# Centraliteti dhe Pesha

- Peshat e skajeve **Edge weights** mund të jenë të rëndësishme për të llogaritur centralitetin dhe metrika të tjera.

# Metrikat e Rrjetit

```
# Centraliteti i nyjeve
nx.algorithms.centrality.betweenness_centrality(g, weight='weight')
# 'a' dhe 'b' janë nyjet më qendrore të grafit
```

# Metrikat e Rrjetit

```
# Centraliteti i skajeve
nx.algorithms.centrality.edge_betweenness_centrality(g, weight='weight')
# 'ac' është skaji më qendror i grafit
```

# Rrjetet Tregtare

- Analiza e rrjetave aplikohet me sukses për të modeluar ndërveprimet në ekonomi, sociologji dhe fusha të tjera.
- Të dhënat nga kjo analizë përfaqësojnë ndërveprimet tregtare midis palëve (p.sh. tregtia e kafshëve midis Argjentinës dhe Brazilit në vitin 2017).

# Rrjetet Tregtare

Rrjetet e marra nga këto të dhëna do të ofrojnë një pamje të anuar mbi tregtinë botërore.

```
import pandas as pd

# ngarkoni të dhënat nga një skedar TSV duke përdorur pandas
trade_df = pd.read_csv('data/gis4/trade_network_wits-1988_2018.tsv', sep='\t')
# shfaqni katër rreshta shembuj nga të dhënat e ngarkuara
trade_df.sample(4)
```

# Rrjetet Tregtare

| | partner | reporter | product_categories | indicator_type | indicator | 2018 | 2017 | 2016 | 2015 | 2014 | ... | 1995 | 1994 | 1993 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4978** | France | Antigua and Barbuda | all_products | export | trade_us_mil_top_5_export_partner | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | ... | NaN | NaN | NaN | |
| **11027** | United States | Zimbabwe | all_products | import | partner_share_pc_top_5_import_partner | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | ... | NaN | NaN | NaN | |
| **15951** | World | Congo, Rep. | all_products | export | exports_in_us_mil | NaN | 8148.01 | NaN | NaN | 6550.0 | ... | 1089.79 | 917.8 | 965.34 | |
| **401** | ... | Hungary | NaN | export | no_of_export_products | 4006.0 | 3983.00 | 4011.0 | 4010.0 | 4011.0 | ... | 3143.00 | 3024.0 | 2901.00 | 28 |

4 rows × 38 columns

Pasi kemi ngarkuar dhe shfaqur disa rreshta shembull nga të dhënat, le të përqendrohemi në të dhënat e vitit 2018 dhe të heqim të dhënat e paplota:

# Rrjetet Tregtare

```
import pandas as pd
# përzgjedhja e kolonave të interesit për analizë
trade_df = trade_df[['reporter_country_code','reporter','partner_country_code','partner',
                     'product_categories','indicator_type','indicator','2018']]

# përqendrimi në vëllimin total në USD të importit/eksportit midis vendeve
trade_df = trade_df[~trade_df['reporter_country_code'].isnull()]
trade_df = trade_df[~trade_df['partner_country_code'].isnull()]
# heqja e të dhënave të paplota
trade_df = trade_df[~trade_df['2018'].isnull()]
trade_df = trade_df[trade_df['product_categories']=='all_products']

# përqendrimi në tregtarët më të mëdhenj të importit/eksportit
trade_df = trade_df[trade_df['indicator'].isin(['partner_share_pc_top_5_import_partner','partner_share_pc_top_5
# kolonat e tjera interesante janë: 'trade_us_mil_top_5_export_partner','trade_us_mil_top_5_import_partner'
```

# Rrjetet Tregtare

```
# numri total i rreshtave të filtruar
len(trade_df)
```

Për të parë shembullin e rrjetit tregtar të Kinës:

```
# shembull i rrjetit tregtar të Kinës
trade_df[trade_df.reporter_country_code=='CHN']
```

# Rrjetet Tregtare

| | reporter_country_code | reporter | partner_country_code | partner | product_categories | indicator_type | indicator | 2018 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4009** | CHN | China | CHN | China | all_products | import | partner_share_pc_top_5_import_partner | 6.86 |
| **5970** | CHN | China | HKG | Hong Kong, China | all_products | export | partner_share_pc_top_5_export_partner | 12.15 |
| **6991** | CHN | China | JPN | Japan | all_products | export | partner_share_pc_top_5_export_partner | 5.90 |
| **7084** | CHN | China | JPN | Japan | all_products | import | partner_share_pc_top_5_import_partner | 8.45 |
| **7377** | CHN | China | KOR | Korea, Rep. | all_products | export | partner_share_pc_top_5_export_partner | 4.37 |
| **7378** | CHN | China | KOR | Korea, Rep. | all_products | import | partner_share_pc_top_5_import_partner | 9.58 |
| **8437** | CHN | China | OAS | Other Asia, nes | all_products | import | partner_share_pc_top_5_import_partner | 8.31 |
| **11304** | CHN | China | USA | United States | all_products | import | partner_share_pc_top_5_import_partner | 7.31 |
| **11386** | CHN | China | USA | United States | all_products | export | partner_share_pc_top_5_export_partner | 19.23 |
| **12164** | CHN | China | VNM | Vietnam | all_products | export | partner_share_pc_top_5_export_partner | 3.37 |

# Grafet nga dataframe

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

# Define a function to print graph information manually
def print_graph_info(g):
    num_nodes = g.number_of_nodes()
    num_edges = g.number_of_edges()
    avg_in_degree = sum(dict(g.in_degree()).values()) / num_nodes
    avg_out_degree = sum(dict(g.out_degree()).values()) / num_nodes

    print(f"Emri:")
    print(f"Tipi: {type(g).__name__}")
    print(f"Numri i nyjeve: {num_nodes}")
    print(f"Numri i degeve: {num_edges}")
    print(f"Mesatarja brenda në gradë: {avg_in_degree:.4f}")
    print(f"Mesatarja jashtë në gradë: {avg_out_degree:.4f}")

# Gjeneroni grafikun nga data frame (lista e degeve)
df = trade_df[trade_df.indicator == 'partner_share_pc_top_5_import_partner']
trade_import_g = nx.from_pandas_edgelist(df, 'reporter', 'partner', ['2018'], create_using=nx.DiGraph())
print_graph_info(trade_import_g)
```

# Grafet nga dataframe

```
Emri:
Tipi: DiGraph
Numri i nyjeve: 140
Numri i degeve: 663
Mesatarja në gradë: 4.7357
Mesatarja jashtë: 4.7357
```

# Grafet nga dataframe

```
# Gjeneroni grafikun nga data frame  (lista e skajeve)
df = trade_df[trade_df.indicator=='partner_share_pc_top_5_export_partner']
trade_export_g = nx.from_pandas_edgelist(df, 'reporter', 'partner', ['2018'], create_using=nx.DiGraph())
print_graph_info(trade_export_g)
```

# Grafet nga dataframe

```
Emri:
Tipi: DiGraph
Numri i nyjeve: 151
Numri i degeve: 635
Mesatarja në gradë: 4.2053
Mesatarja jashtë: 4.2053
```

# Shkalla e plot in- and out

Hapi i parë për të kuptuar strukturën e një rrjeti është llogaritja e shkallës së çdo nyje (numri i skajeve).

```
def plot_graph_degrees(g, title, logscale=False):
    """
    Paraqitni shkallën e hyrjes dhe daljes së grafikut g në një grafik linje.
    @ g: një grafik
    @ title: titulli i grafikës
    @ logscale: transformoni boshtet x dhe y me log10
    """
    # merrni shkallët
    indegrees = [deg for node, deg in g.in_degree()]
    outdegrees = [deg for node, deg in g.out_degree()]
    # numërimi i shkallës në hyrje
    indeg_vals = sorted(list(set(indegrees)))
    indeg_hist = [indegrees.count(x) for x in indeg_vals]
    # numërimi i shkallës në dalje
    outdeg_vals = sorted(list(set(outdegrees)))
    outdeg_hist = [outdegrees.count(x) for x in outdeg_vals]
    # shtoni informacionin në titull
    title = title + " [" + str(len(g.nodes)) + " nyje, " + str(len(g.edges)) + " skaje]"
    # paraqitni
    plt.figure()
    plt.grid()
    # paraqitni shkallët
    plt.plot(indeg_vals, indeg_hist, 'ro-')
    plt.plot(outdeg_vals, outdeg_hist, 'bv-')
```

# Shkalla e plot in- and out (vazhdim)

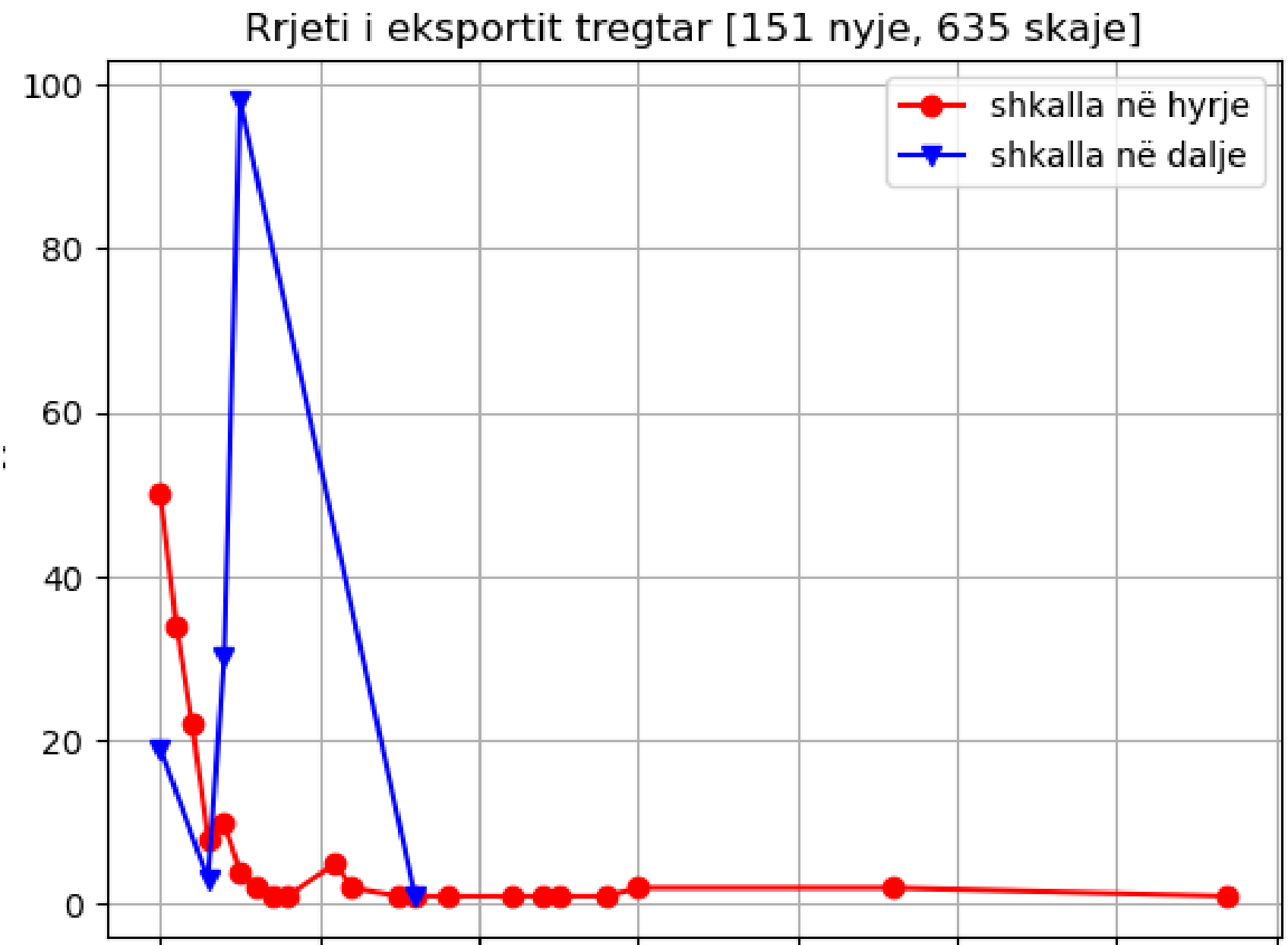
```
    if logscale:
        plt.xscale("log")
        plt.yscale("log")
        title = title + " [log]"

    # shtoni legjendën dhe etiketat
    plt.legend(['shkalla në hyrje','shkalla në dalje'])
    plt.xlabel('Shkalla')
    plt.ylabel('Numri i nyjeve')
    plt.title(title)
    plt.show()
# paraqitni strukturën e rrjetit
plot_graph_degrees(trade_export_g, 'Rrjeti i eksportit tregtar', logscale=False)
plot_graph_degrees(trade_export_g, 'Rrjeti i eksportit tregtar', logscale=True)
plot_graph_degrees(trade_import_g, 'Rrjeti i importit tregtar', logscale=False)
plot_graph_degrees(trade_import_g, 'Rrjeti i importit tregtar', logscale=True)
```

# Shkalla e plot in- and out (vazhdim)

```
# ndërto strukturën e rrjetit
plot_graph_degrees(trade_export_g, 'Rrjeti i eksportit tregtar', logscale=False)
plot_graph_degrees(trade_export_g, 'Rrjeti i eksportit tregtar', logscale=True)
plot_graph_degrees(trade_import_g, 'Rrjeti i importit tregtar', logscale=False)
plot_graph_degrees(trade_import_g, 'Rrjeti i importit tregtar', logscale=True)
```

# Shkalla e plot in- and out (vazhdim)



# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve

- Gjenerimi i vizualizimeve të mira të rrjeteve nuk është i lehtë.
- Kur një rrjet rritet në numër të nyjeve dhe shkallë, mbivendosja bëhet e pashmangshme.

# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve

- Libraria ofron funksionalitet për vizualizim të avancuar
- Me grafet hapësinore, është e nevojshme të zgjidhni një paraqitje për të rregulluar nyjet në një mënyrë të përshtatshme.

# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve

```python
# përkufizoni funksionin e ripërdorshëm për të vizatuar paraqitjen e rrjetit
def plot_graph(g, title, edge_label_attribute, layout='spring', fig_sz=10):
    """
    Funksioni për të vizatuar një grafik të drejtuar me vlera të përshtatshme të parazgjedhura.
    @ g: një grafik
    @ title: titulli i grafikut
    @ edge_label_attribute: emri i atributit të skajit që do të përdoret si etiketa e skajit
    @ layout: paraqitja e rrjetit që do të përdoret
    @ fig_sz: madhësia e kanavacës
    """
    # gjeneroni pozicionet e nyjeve bazuar në paraqitjen e zgjedhur
    if layout == 'spring':
        pos = nx.spring_layout(g, k=0.55, iterations=30)
    elif layout == 'circular':
        pos = nx.circular_layout(g)
    else:
        raise ValueError("Paraqitje e pavlefshme")
```

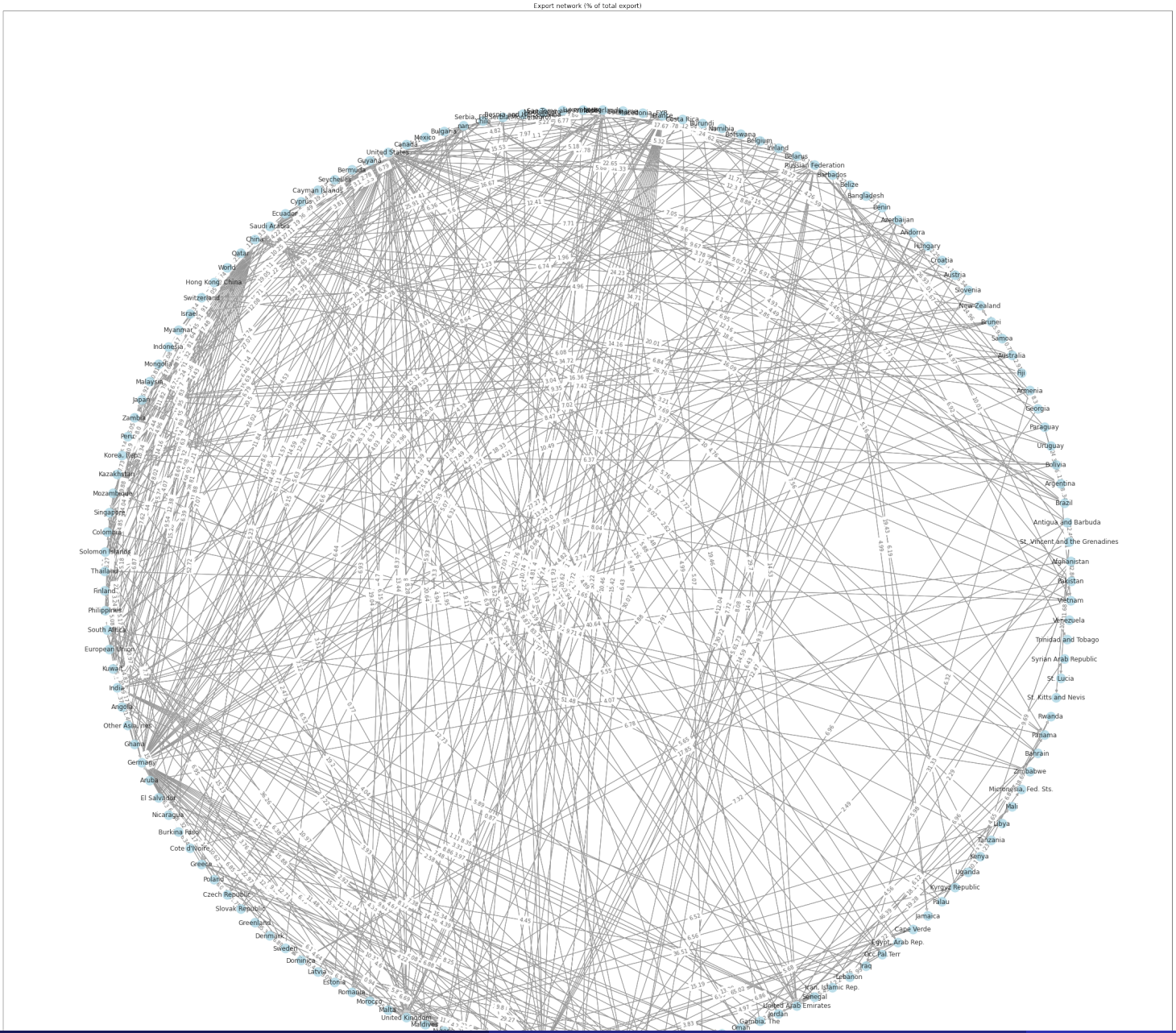
# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve (vazhdim)

```
    # rregulloni figurën
    plt.figure(figsize=(fig_sz, fig_sz))
    # hapni vizatimin
    nx.draw_networkx(g, pos=pos, node_color='lightblue', alpha=.8)
    # nxirrni etiketat e skajeve
    edge_labels = nx.get_edge_attributes(g, edge_label_attribute)
    # vizatoni etiketat e skajeve
    nx.draw_networkx_edge_labels(g, pos=pos, edge_labels=edge_labels, alpha=.6)
    # vizatoni skajet
    nx.draw_networkx_edges(g, pos=pos, arrows=True, alpha=.6, edge_color='lightgray')
    plt.title(title)
    plt.show()
```

# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve (vazhdim)

```
# vizatoni grafikun me dy paraqitje të ndryshme
plot_graph(trade_export_g, "Rrjeti i eksportit (% i eksportit total)", '2018', 'circular', fig_sz=40)
plot_graph(trade_import_g, "Rrjeti i importit (% i importit total)", '2018', 'spring', fig_sz=40)
```

# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve (vazhdim)




Endri Raço

# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve

- Këto vizualizime në thelb janë të padobishme pasi nuk mund të dallojmë strukturën e rrjeteve.
- Një strategji për të vizualizuar një rrjet të madh është të përfshini vetëm nyje të lidhura relativisht.
- Për shembull, le të zgjedhim nyje me shkallë të lartë nga grafiku **trade_export_g**:

# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve

```python
# zgjedhni nyjet me shkallë të lartë
degrees = trade_export_g.degree()
nodes_to_remove = [n for n, degree in degrees if degrees[n] < 20]

# kopjoni dhe hiqni nyjet nga grafiku
hideg_trade_export_g = trade_export_g.copy()
hideg_trade_export_g.remove_nodes_from(nodes_to_remove)

# shtypni informacionin e grafikut të shkallës së lartë
def print_graph_info(g):
    num_nodes = g.number_of_nodes()
    num_edges = g.number_of_edges()
    avg_in_degree = sum(dict(g.in_degree()).values()) / num_nodes
    avg_out_degree = sum(dict(g.out_degree()).values()) / num_nodes

    print(f"Name:")
    print(f"Type: {type(g).__name__}")
    print(f"Number of nodes: {num_nodes}")
    print(f"Number of edges: {num_edges}")
    print(f"Average in degree: {avg_in_degree:.4f}")
    print(f"Average out degree: {avg_out_degree:.4f}")

print_graph_info(hideg_trade_export_g)
```

# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve

```
Name:
Type: DiGraph
Number of nodes: 12
Number of edges: 41
Average in degree: 3.4167
Average out degree: 3.4167
```

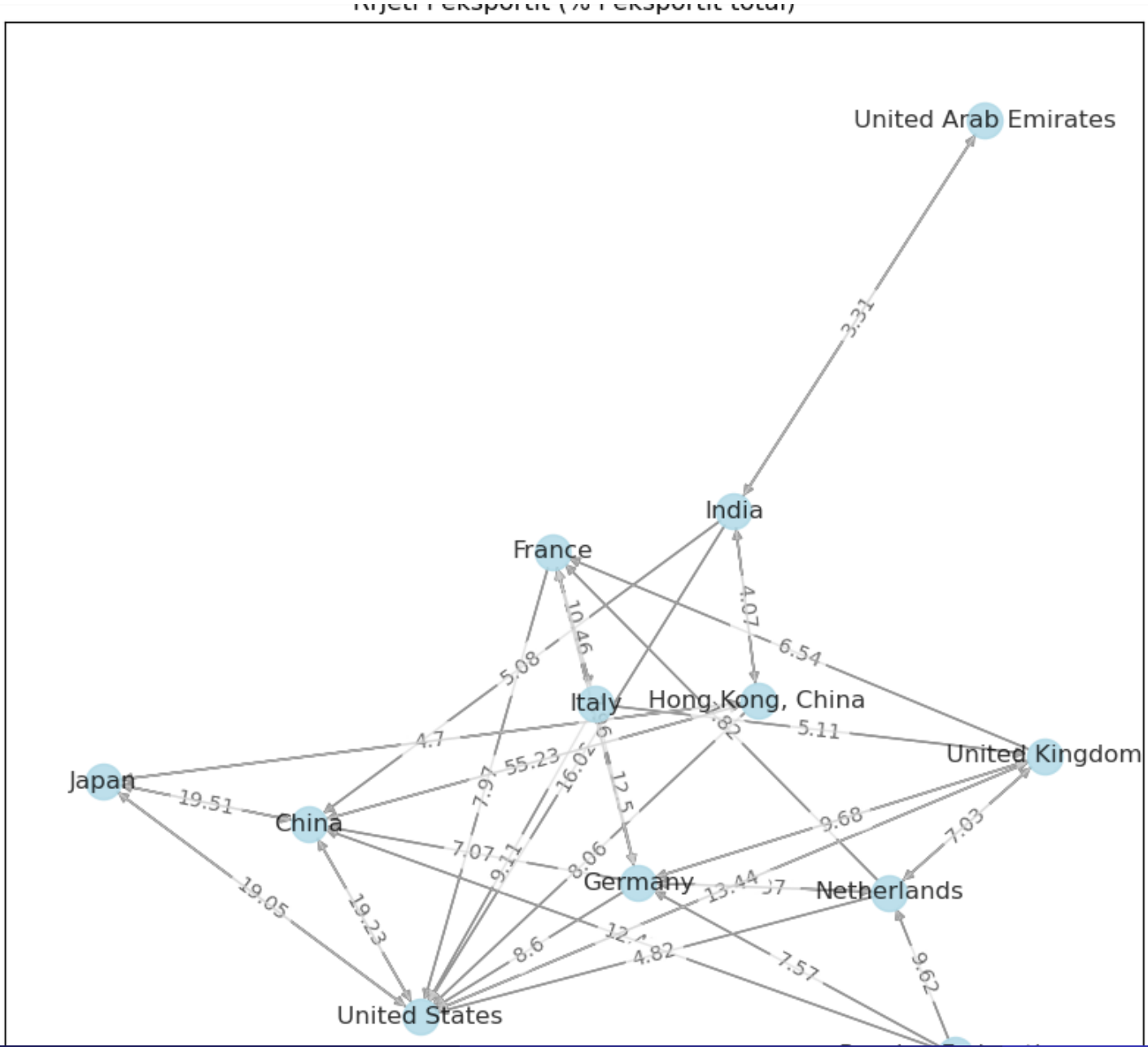
# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve

Grafiku me shkallë të lartë është më i lehtë për t'u vizatuar dhe ne mund të shohim lidhjet midis vendeve me shkallë të lartë:

# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve

```
# grafiku i shkallës së lartë
plot_graph(hideg_trade_export_g, "Rrjeti i eksportit (% i eksportit total)", '2018', 'spring', fig_sz=10)
```

# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve



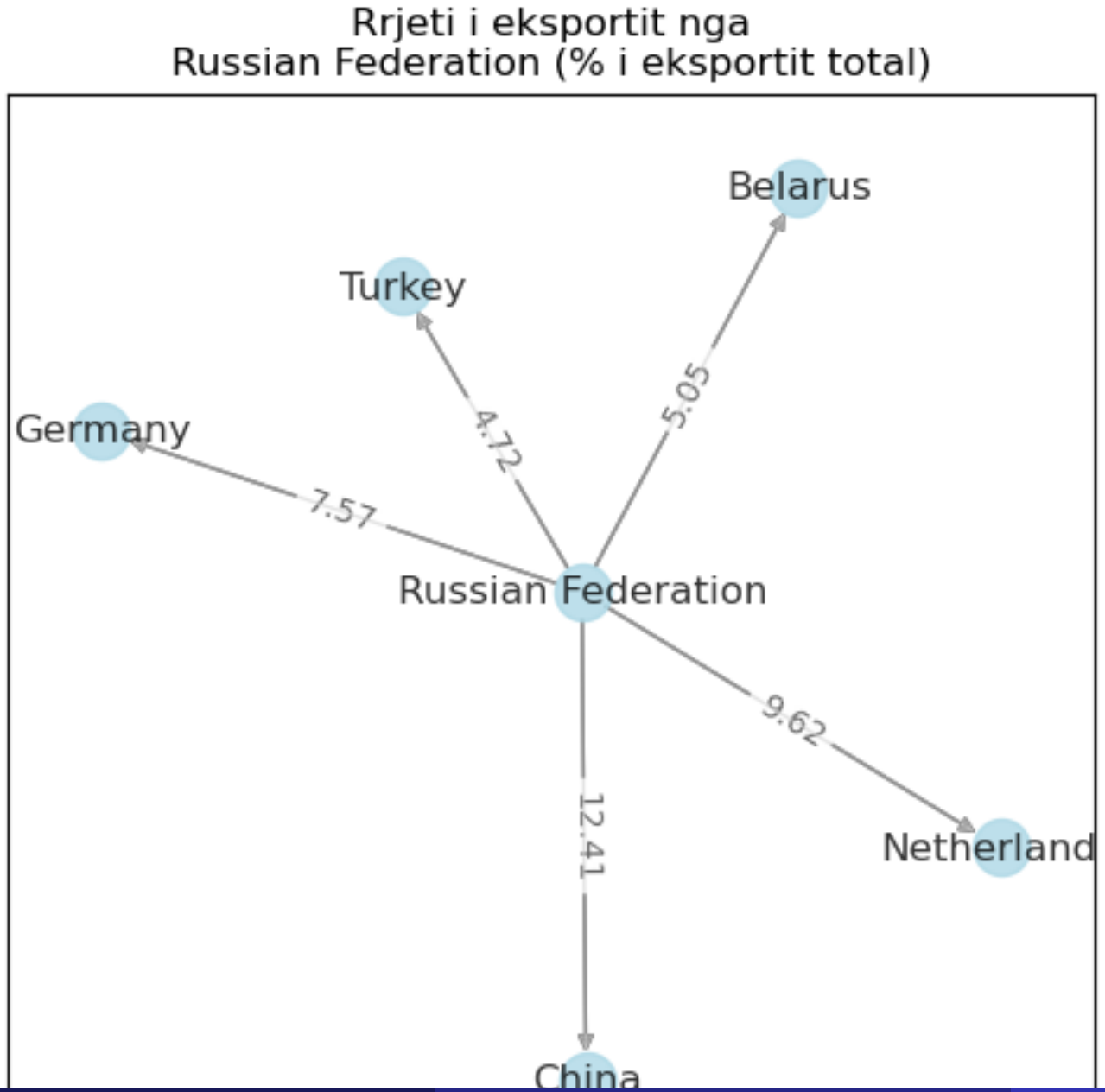

Endri Raço

# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve

Një qasje tjetër është të zgjidhni nën-grafikë, për shembull fqinjët e një nyje të synuar:

```
# tregoni nën-grafikë për secilin vend me shkallë të lartë
for country in hideg_trade_export_g.nodes:
    # nxirrni nën-grafikun për rrjetin e eksportit të një vendi
    # skajet në dalje
    edges = trade_export_g.out_edges(country, data=True)
    g = nx.DiGraph(edges)
    plot_graph(g, "Rrjeti i eksportit nga\n" + country + ' (% i eksportit total)', '2018', fig_sz=6)
    # skajet në hyrje
    edges = trade_export_g.in_edges(country, data=True)
    g = nx.DiGraph(edges)
    plot_graph(g, "Rrjeti i eksportit për\n" + country + ' (% i eksportit total)', '2018', fig_sz=6)
```

# Vizualizimi i Nyjeve dhe Skajeve




Endri Raço

# Eksportimi i grafikut

- Shpesh është e nevojshme të eksportoni një grafik në një format standard të skedarit
- **networkX** supporton shumë formate.
- Ndër formatet më të supportuara janë **GraphML** dhe **GEXF**, të dy bazuar në XML.

# Eksportimi i grafikut

Ekzaminoni skedarët e eksportuar me një redaktues teksti për të parë se si kodohen të dhënat.

# Eksportimi i grafikut

```
# eksportoni grafikun si GraphML dhe GEXF
nx.write_graphml(hideg_trade_export_g, "tmp/street_network.graphml")
nx.write_gexf(hideg_trade_export_g, "tmp/street_network.gexf")
```

# Qëndra e Nyjeve

- Ne mund të përdorim **networkX** për të llogaritur metrikat e rrjetit, për shembull për të parë qendrën e ndërmjetësimit të vendeve në të dy rrjetet e ndryshme që përfaqësojnë importin dhe eksportin:

# Qëndra e Nyjeve

```
# llogarisni qendrën e ndërmjetësimit bazuar në dendësinë e nyjeve
country_centrality = nx.algorithms.centrality.betweenness_centrality(trade_export_g)

# konvertoni të dhënat në një kuadër të dhënash
country_centrality_df = pd.DataFrame.from_dict(country_centrality,
                                orient='index', columns=['betw_centrality_export'])
country_centrality_df['country'] = country_centrality_df.index

# renditni dhe tregoni rezultatet
country_centrality_df = country_centrality_df.sort_values('betw_centrality_export', ascending=False)
country_centrality_df.head(10)
```

# Qëndra e Nyjeve

| | betw_centrality_export | country |
|---|---|---|
| **United States** | 0.042676 | United States |
| **India** | 0.033241 | India |
| **China** | 0.031147 | China |
| **Hong Kong, China** | 0.024218 | Hong Kong, China |
| **United Arab Emirates** | 0.023079 | United Arab Emirates |
| **United Kingdom** | 0.018608 | United Kingdom |
| **Germany** | 0.017931 | Germany |
| **Japan** | 0.017918 | Japan |
| **France** | 0.015561 | France |
| **Singapore** | 0.013821 | Singapore |

# Importo Rrjetin

| | betw_centrality_import | country |
|---|---|---|
| **China** | 0.040320 | China |
| **Japan** | 0.036756 | Japan |
| **Germany** | 0.029491 | Germany |
| **United States** | 0.026588 | United States |
| **Australia** | 0.019231 | Australia |
| **Saudi Arabia** | 0.016419 | Saudi Arabia |
| **Netherlands** | 0.013404 | Netherlands |
| **Thailand** | 0.012864 | Thailand |
| **France** | 0.010686 | France |

Endri Raço

# Kombinimi i Treguesve për të Krahasuar

```
# kombinoni dy treguesit për t'i krahasuar ata
impexp_df = country_centrality_df.merge(imp_df, on='country')
impexp_df = impexp_df[['country','betw_centrality_import','betw_centrality_export']]
impexp_df = impexp_df.sort_values('betw_centrality_export', ascending=False)
impexp_df.to_csv('tmp/trade_importexport_centrality_2018.csv')
impexp_df.head(10)
```

# Kombinimi i Treguesve për të Krahasuar

| | country | betw_centrality_import | betw_centrality_export |
|---|---|---|---|
| 0 | United States | 0.026588 | 0.042676 |
| 1 | India | 0.008226 | 0.033241 |
| 2 | China | 0.040320 | 0.031147 |
| 3 | Hong Kong, China | 0.000000 | 0.024218 |
| 4 | United Arab Emirates | 0.005016 | 0.023079 |
| 5 | United Kingdom | 0.003019 | 0.018608 |
| 6 | Germany | 0.029491 | 0.017931 |
| 7 | Japan | 0.036756 | 0.017918 |
| 8 | France | 0.010686 | 0.015561 |
| 9 | Singapore | 0.001280 | 0.012823 |

# Rrjetet Rrugore

- Rrjetet rrugore janë një lloj rrjeti që është veçanërisht i rëndësishëm në analizën e të dhënave gjeografike.
- Libraria **osmnx** ofron funksione për të nxjerrë lehtësisht rrjetet rrugore nga **OpenStreetMap**.

# Rrjetet Rrugore

- Mënyra më efikase për të ruajtur këto rrjete kur punoni në Python është formati **pickle**.
- Do të përdorim skedarë pickle të kompresuar.
- Shumë formate të tjera rrjeti ekzistojnë, duke përfshirë GeoPackages dhe GraphML, që mund të përdoren .

# Merrni Rrjetet Rrugore

```
import osmnx as ox
import pickle

# Emri i vendit të synuar
place_name = "City of London, UK"

# Shkarkoni rrjetin rrugor nga OpenStreetMap bazuar në një emër vendi
graph = ox.graph_from_place(place_name, network_type='drive')

# Ruani rrjetin në disk duke përdorur gzip (.gz) për të zvogëluar madhësinë e skedarit
net_file = "data/streets_citylondon.gpik"

# Use pickle to write the graph to a file
with open(net_file, 'wb') as f:
    pickle.dump(graph, f)

print("Skedari i grafikut të rrugëve në", place_name, "shkarkuar në", net_file)
```

# Merrni Rrjetet Rrugore

```
# 'del' (fshij) shkatërron një objekt. Është e dobishme për të siguruar që ky objekt
# nuk mund të përdoret në qeliza të tjera gabimisht.
del graph, net_file
```

# Merrni Rrjetet Rrugore

Në mënyrë alternative, paketa supporton një **point and radius search** bazuar në adresa ose nga poligonet:

```
import osmnx as ox
import pickle
import gzip

# Vendndodhja e Birkbeck, rreze 1 km
radius_m = 1000
graph = ox.graph_from_address('Malet St, London, UK', network_type='drive', dist=radius_m)

# Ruani rrjetin në disk duke përdorur gzip (.gz) për të zvogëluar madhësinë e skedarit
net_file = "data/streets_birkbeck_1km.gpik.gz"

# Use pickle to write the graph to a compressed file
with gzip.open(net_file, 'wb') as f:
    pickle.dump(graph, f)

print(f"Rrjeti rrugor i ruajtur në {net_file}")

# Delete the graph object to free up memory
del graph
```

# Vizato Rrjetin e Rrugës

- Rrjeti rrugor shprehet si **networkx.classes.multidigraph.MultiDiGraph**.
- Le të ngarkojmë një skedar **pickle** dhe të vizatojmë rrjetin.

# Vizato Rrjetin e Rrugës

```
import pickle
import gzip

# Load the graph from the compressed file
net_file = "data/streets_birkbeck_1km.gpik.gz"
with gzip.open(net_file, 'rb') as f:
    streets_g = pickle.load(f)

# Print the number of nodes and edges in the graph
print("N i nyjeve:", len(streets_g.nodes))
print("N i skajeve:", len(streets_g.edges))
```

# Vizato Rrjetin e Rrugës

```
# vizatoni rrjetin
osmnx.plot_graph(streets_g, figsize=(10,10))
```

# Vizato Rrjetin e Rrugës

# Vizato Rrjetin e Rrugës

Skajet përmbajnë atribute, si emri i rrugës dhe lloji, të cilat mund të aksesohen si një dataframe gjeografik.

```
# Merrni vetëm skajet nga grafiku
edges_df = osmnx.graph_to_gdfs(streets_g, nodes=False, edges=True)
edges_df.sample(3)
```

# Vizato Rrjetin e Rrugës

| u | v | key | osmid | name | highway | maxspeed | access | oneway | reversed | length | geometry |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **108009** | **108034** | **0** | [1186049313, 851719169, 694563843, 1065127938,... | Gower Street | primary | 20 mph | NaN | False | False | 199.796 | LINESTRING (-0.13424 51.52396, -0.13419 51.523... |
| **294158420** | **300501141** | **0** | 1067121896 | Albany Street | primary | 20 mph | NaN | False | False | 90.621 | LINESTRING (-0.14433 51.52858, -0.14435 51.529... |
| **108901** | **11747638084** | **0** | 9346429 | High Holborn | primary | 20 mph | NaN | True | False | 80.030 | LINESTRING (-0.11918 51.51771, -0.11961 51.517... |

# Vizato Rrjetin e Rrugës

```
edges_df.plot()
```

# Vizato Rrjetin e Rrugës

7]: <Axes: >

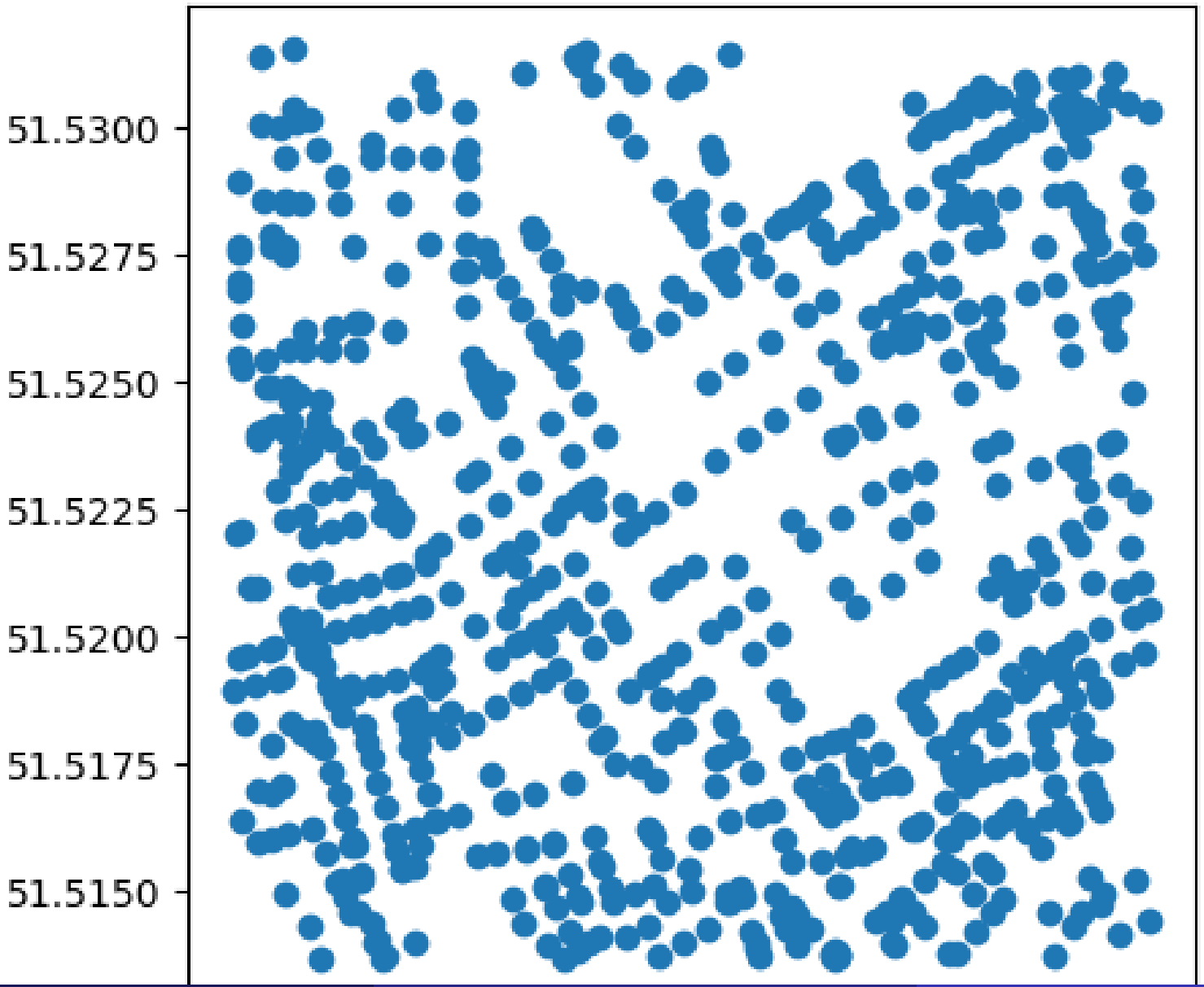
# Vizato Rrjetin e Rrugës

Nyjet gjithashtu mund të kenë atribute, të tilla si vendndodhja dhe numri i skajeve ndërprerëse:

```
# Merrni nyjet nga grafiku si një kuadër të dhënash
nodes_df = osmnx.graph_to_gdfs(streets_g, nodes=True, edges=False)
nodes_df.sample(5)

# vizatoni nyjet
nodes_df.plot()
```

# Vizato Rrjetin e Rrugës



# Projekto Rrjetin

Për të punuar në rrjetet rrugore, është e nevojshme t'i projektoni ato në një sistem të përshtatshëm të referencës koordinative.

```
print("Sistemi i koordinatave të nyjeve:", nodes_df.crs)
print("Sistemi i koordinatave të skajeve:", edges_df.crs)
```

# Projekto Rrjetin

```
Sistemi i koordinatave të nyjeve: epsg:4326
Sistemi i koordinatave të skajeve: epsg:4326
```

# Projekto Rrjetin

Projektimi i këtij rrjeti rrugor në British National Grid:

```
streets_g = osmnx.project_graph(streets_g, 27700)

# kontrolloni nëse projektimi funksionoi
nodes_proj, edges_proj = osmnx.graph_to_gdfs(streets_g, nodes=True, edges=True)
print(nodes_proj.crs)
print(edges_proj.crs)
```

# Projekto Rrjetin

```
EPSG:27700
EPSG:27700
```

Tani koordinatat janë projektuar

```
edges_proj.sample(5)
```

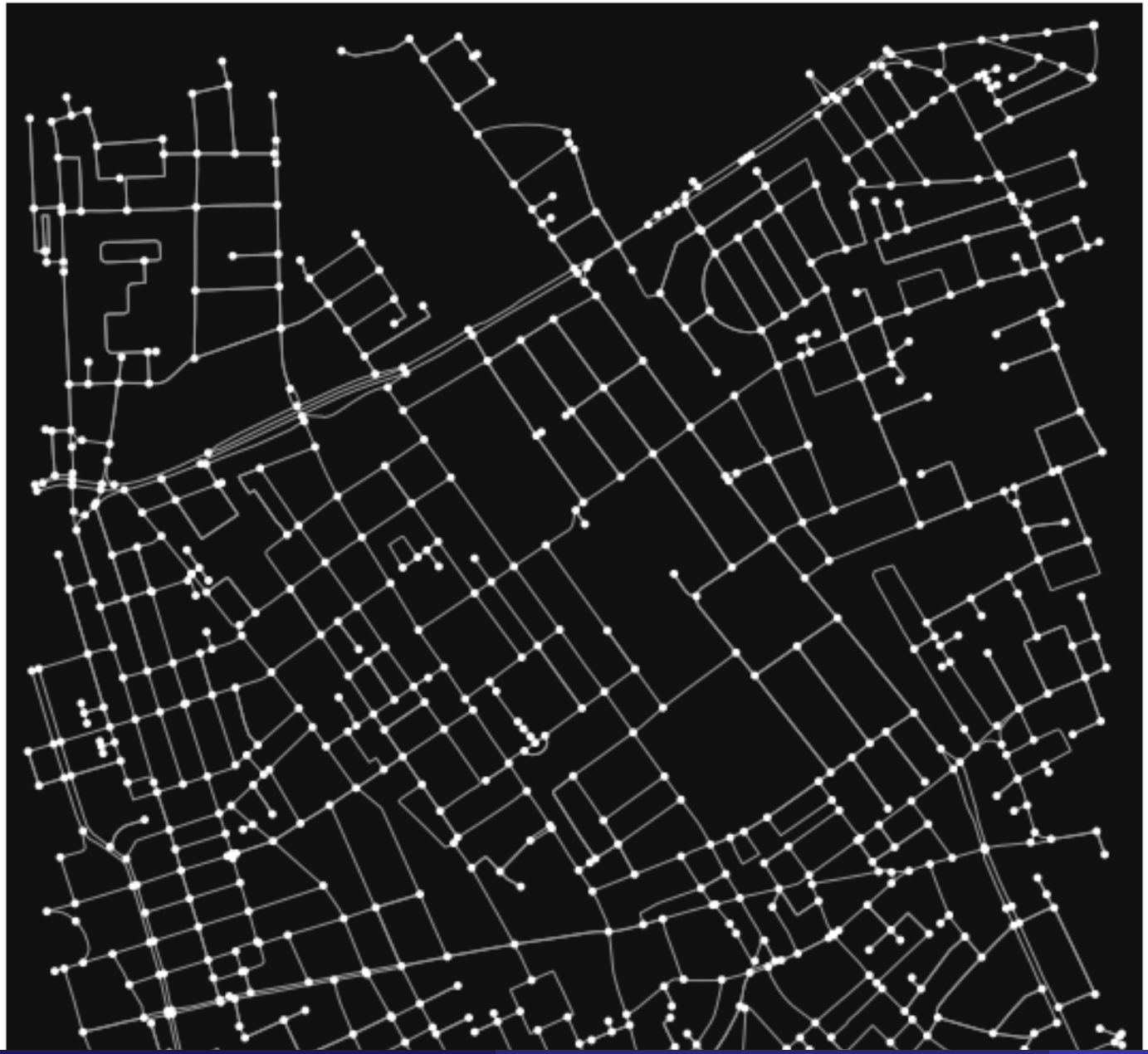
# Projekto Rrjetin

| u | v | key | osmid | name | highway | maxspeed | oneway | length | geometry | lanes | ref | tunnel | access |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4243601481** | **4243601512** | **0** | [425013568, 425013571, 425013579] | Stephen Street | unclassified | 20 mph | True | 45.710 | LINESTRING (529679.139 181544.887, 529682.283 ... | 1 | NaN | NaN | NaN |
| **11544696** | **7684041426** | **0** | 823004754 | Dane Street | unclassified | 20 mph | False | 15.209 | LINESTRING (530622.046 181683.648, 530628.976 ... | NaN | NaN | NaN | NaN |
| | | | | Great | | | | | LINESTRING (530045.266 | | | | |

# Ndërtojmë përsëri

```
osmnx.plot_graph(streets_g, figsize=(10,10))
```

# Ndërtojmë përsëri



# Analiza e Rrjetit

Rrjetet rrugore mund të analizohen në aspektin e strukturës së tyre (morfologji) duke përdorur një sërë treguesish:

```
import osmnx as ox

# Merrni statistikat bazike të rrjetit
basic_stats = ox.basic_stats(streets_g)
basic_stats
```

# Llogaritja e Rrugëve

Një pjesë qendrore në udhëzime është llogaritja e rrugëve më të shkurtra në rrjetet rrugore.

```
import random
import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt
from networkx.exception import NetworkXNoPath

# zgjidhni dy nyje të rastësishme
nodes = [n for n in streets_g.nodes]
orig_node = random.choice(nodes)
dest_node = random.choice(nodes)
print("Nyja e origjinës:", orig_node, ", nyja e destinacionit:", dest_node)
```

# Llogaritja e Rrugëve (vazhdim)

```
# Përpiquni/gjeni se për shkak se ndonjëherë rrugët nuk mund të gjenden
try:
    # gjeni rrugën më të shkurtër midis dy nyjeve
    route = nx.shortest_path(streets_g, orig_node, dest_node, weight='length')
    route_len_m = nx.shortest_path_length(streets_g, orig_node, dest_node, weight='length')
    print("Rruga e udhëtimit e gjetur:", len(route), "segmente; gjatësi (m)", round(route_len_m))

    # vizatoni rrugën
    plt.figure(figsize=(6, 6))
    fig, ax = ox.plot_graph_route(streets_g, route, route_linewidth=6, node_size=0, bgcolor='k')
except NetworkXNoPath as e:
    print("Rruga nuk u gjet", e)
```

# Llogaritja e Rrugëve

Endri Raço

# Gjetja e Nyjeve Më të Afërta

- Kur udhëtoni nga pika A në pikën B, hapi i parë është të gjeni nyjet më të afërta me A dhe B.

```
import networkx as nx
import osmnx as ox

# Funksioni për të gjetur nyjen më të afërt
def get_nearest_node(graph, point):
    nearest_node = min(graph.nodes, key=lambda n: ox.distance.great_circle_vec(point[1], point[0], graph.nodes[
    return nearest_node


birkbeck_node = get_nearest_node(streets_g, birkbeck_loc_bg)
britishmus_node = get_nearest_node(streets_g, britishmus_loc_bg)

print("Nyjet më të afërta (ID-të):", birkbeck_node, britishmus_node)
```

# Llogaritja e Rrugës së Udhëtimit

```
# llogarisni rrugën e udhëtimit
route = nx.shortest_path(streets_g, birkbeck_node, britishmus_node, weight='length')
route_len_m = nx.shortest_path_length(streets_g, orig_node, dest_node, weight='length')
print("Rruga midis Birkbeck dhe British Museum e gjetur:", len(route), "segmente; gjatësi (m)", round(route_len
```

# vizatoni rrugën

```
plt.figure(figsize=(6, 6))
fig, ax = ox.plot_graph_route(streets_g, route, route_linewidth=6, node_size=0, bgcolor='k')
```

Këto të dhëna të rrjetit dhe mjetet mund të përdoren në një sërë aplikimesh.

# vizatoni rrugën