



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki



Wydział Informatyki
i Telekomunikacji

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
WYDZIAŁ INFORMATYKI I TELEKOMUNIKACJI
KIERUNEK: INFORMATYKA



SZEREGI CZASOWE, GIEŁDA I EKONOMIA

ZALEŻNOŚCI KRYPTOWALUT

SPRAWOZDANIE Z LABORATORIUM

Maria Guz
Paweł Midura

Polecenia

1. *Przekształcenie macierzy notowań na macierz nieustandaryzowanych stóp zwrotu.*
2. *Policzenie macierzy korelacji z macierzy stóp zwrotu*
3. *Wyznaczenie rozkładu współczynników macierzy korelacji*
4. *Przeliczenie współczynników korelacji na dystans*
5. *Stworzenie drzewa MST oraz jego właściwa wizualizacja*

Wykonanie

Zadania zostały zrealizowane za pomocą języka programowania Python oraz dzięki środowisku PyCharm. Wybór tych narzędzi podyktowany był ich przejrzystością, intuicyjnością i prostotą.

Analizowane dane dotyczą kryptowalut. Dane zostały pozyskane z pliku `mat.` i zapisane do pliku `.pkl` (python pickle). Dane składają się z 912 393 rekordów dla każdej z 80 kryptowalut. Z macierzy notowań uzyskano macierz stóp zwrotu. Poniżej znajduje się kod wykorzystany do obliczania stóp zwrotu oraz przykład wykresu stóp zwrotu dla jednej z kryptowalut.

```
def _stopy_zwrotu_norm(dataframe):
    stopy_arr = []
    for i in range(len(dataframe) - 1):
        stopy_arr.append((dataframe[i + 1] - dataframe[i]) / dataframe[i])
    stopy_arr = np.array(stopy_arr)
    stopy_arr = stopy_arr.reshape(-1, 1)
    scaler = StandardScaler()
    scaler.fit(stopy_arr)
    stopy_arr = scaler.transform(stopy_arr)
    return stopy_arr.reshape(-1)

def _calculate_return_rate_matrix(df, saved_matrix='return_rate_matrix.pkl'):
    stopy_mat = []
    try:
        return load_pkl_matrix(saved_matrix)
    except FileNotFoundError:
        for i in range(80):
            print(i, end=' ')
```

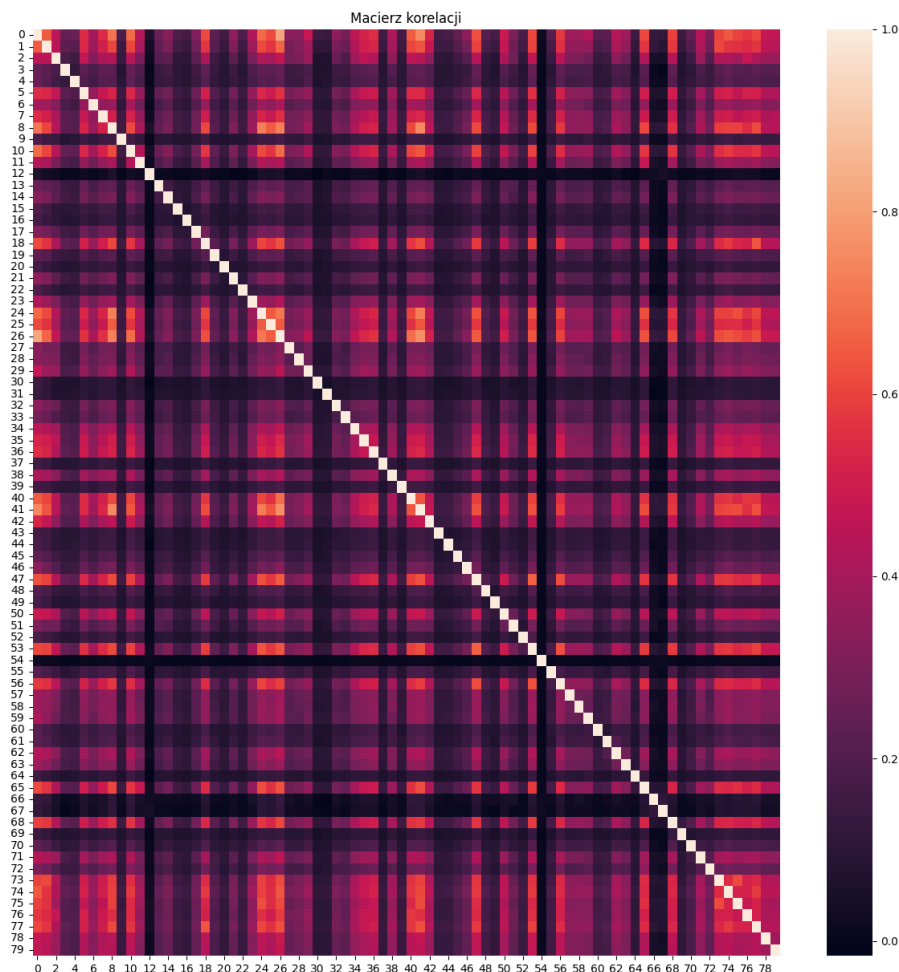
```
stopy_mat.append(_stopy_zwrotu_norm(df.iloc[:, i]))
print()
write_matrix_to_pkl(saved_matrix, stopy_mat)
return np.array(stopy_mat)
```



Następnie obliczono macierz korelacji z macierzy stóp zwrotu. Uzyskane wartości przedstawiono za pomocą wykresu zwanego mapą ciepłą.

```
def _calculate_correlation_matrix(return_rate_mat,
saved_corr_mat='correlation_matrix.pkl'):
    try:
        return load_pkl_matrix(saved_corr_mat)
    except FileNotFoundError:
        corr_mat = np.corrcoef(return_rate_mat)
        write_matrix_to_pkl(saved_corr_mat, corr_mat)
    return corr_mat
```

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	1.000	0.648	0.454	0.247	0.255	0.544	0.398	0.540	0.706	0.186	0.684	0.439	0.060	0.258	0.327	0.193	0.162	0.312	0.616	0.228	0.166	0.349	0.191	0.422	0.679	0.616	0.821	0.334	0.332	0.475	0.148	0.135	0.348	0.282
1	0.648	1.000	0.450	0.229	0.214	0.538	0.380	0.512	0.607	0.148	0.607	0.406	0.033	0.236	0.294	0.156	0.132	0.280	0.567	0.213	0.133	0.314	0.151	0.380	0.614	0.565	0.668	0.286	0.319	0.377	0.112	0.111	0.294	0.260
2	0.454	0.450	1.000	0.181	0.158	0.466	0.325	0.410	0.440	0.137	0.441	0.297	0.019	0.211	0.229	0.111	0.104	0.227	0.415	0.147	0.097	0.227	0.117	0.301	0.431	0.402	0.468	0.282	0.304	0.368	0.072	0.072	0.258	0.193
3	0.247	0.229	0.181	1.000	0.126	0.222	0.180	0.226	0.229	0.085	0.246	0.191	0.001	0.142	0.163	0.096	0.085	0.162	0.234	0.134	0.083	0.143	0.091	0.193	0.236	0.225	0.242	0.144	0.159	0.181	0.067	0.072	0.150	0.146
4	0.255	0.214	0.158	0.126	1.000	0.197	0.162	0.206	0.210	0.096	0.232	0.172	0.006	0.132	0.140	0.103	0.089	0.142	0.212	0.119	0.090	0.135	0.103	0.173	0.220	0.204	0.236	0.148	0.140	0.192	0.069	0.080	0.142	0.130
5	0.544	0.538	0.466	0.222	0.197	1.000	0.362	0.476	0.527	0.147	0.534	0.364	0.023	0.239	0.275	0.148	0.126	0.265	0.513	0.204	0.127	0.275	0.144	0.360	0.534	0.493	0.563	0.283	0.311	0.363	0.097	0.106	0.285	0.242
6	0.398	0.380	0.325	0.180	0.162	0.362	1.000	0.354	0.371	0.118	0.397	0.267	0.009	0.177	0.215	0.122	0.099	0.212	0.365	0.161	0.106	0.215	0.119	0.277	0.377	0.352	0.410	0.210	0.240	0.260	0.089	0.083	0.210	0.190
7	0.540	0.512	0.410	0.226	0.206	0.476	0.354	1.000	0.511	0.148	0.519	0.363	0.024	0.224	0.272	0.155	0.128	0.268	0.501	0.196	0.133	0.262	0.149	0.362	0.525	0.481	0.553	0.274	0.290	0.334	0.107	0.111	0.279	0.247
8	0.706	0.607	0.440	0.229	0.210	0.527	0.371	0.511	1.000	0.153	0.618	0.405	0.058	0.234	0.292	0.158	0.135	0.278	0.608	0.216	0.134	0.310	0.154	0.377	0.727	0.651	0.726	0.286	0.303	0.381	0.113	0.111	0.300	0.266
9	0.186	0.148	0.137	0.085	0.096	0.147	0.118	0.148	0.153	1.000	0.159	0.122	0.002	0.101	0.099	0.081	0.076	0.100	0.148	0.080	0.073	0.086	0.085	0.122	0.152	0.144	0.169	0.122	0.109	0.155	0.056	0.065	0.111	0.099
10	0.684	0.607	0.441	0.246	0.232	0.534	0.397	0.519	0.618	0.159	1.000	0.433	0.035	0.260	0.318	0.183	0.141	0.284	0.571	0.232	0.140	0.306	0.167	0.397	0.618	0.566	0.683	0.304	0.324	0.421	0.116	0.120	0.319	0.290
11	0.439	0.406	0.297	0.191	0.172	0.364	0.267	0.363	0.405	0.122	0.433	1.000	0.019	0.194	0.243	0.133	0.110	0.221	0.395	0.197	0.114	0.232	0.124	0.291	0.431	0.404	0.438	0.216	0.236	0.275	0.087	0.098	0.235	0.223
12	0.060	0.033	0.019	0.001	0.006	0.023	0.009	0.024	0.058	0.002	0.035	0.019	1.000	0.011	0.015	0.001	0.006	0.010	0.031	0.002	0.006	-0.010	-0.0...	0.007	0.054	0.045	0.056	0.009	0.018	0.009	-0.016	0.009	0.003	0.001
13	0.258	0.236	0.211	0.142	0.132	0.239	0.177	0.224	0.234	0.101	0.260	0.194	0.011	1.000	0.165	0.102	0.093	0.161	0.233	0.146	0.091	0.144	0.099	0.193	0.246	0.230	0.253	0.174	0.177	0.218	0.058	0.078	0.168	0.152
14	0.327	0.294	0.229	0.163	0.140	0.275	0.215	0.272	0.292	0.099	0.318	0.243	0.015	0.165	1.000	0.112	0.095	0.186	0.289	0.161	0.094	0.181	0.104	0.242	0.310	0.291	0.318	0.179	0.201	0.218	0.071	0.080	0.193	0.182
15	0.193	0.156	0.111	0.096	0.103	0.148	0.122	0.155	0.158	0.081	0.183	0.133	0.001	0.102	0.112	1.000	0.069	0.104	0.161	0.094	0.073	0.098	0.078	0.134	0.169	0.154	0.178	0.110	0.107	0.138	0.058	0.068	0.111	0.107
16	0.162	0.132	0.104	0.085	0.089	0.126	0.099	0.128	0.135	0.076	0.141	0.110	0.006	0.093	0.095	0.069	1.000	0.097	0.132	0.083	0.067	0.080	0.072	0.108	0.140	0.128	0.151	0.096	0.096	0.134	0.053	0.057	0.093	0.091
17	0.312	0.280	0.227	0.162	0.142	0.265	0.212	0.268	0.278	0.100	0.284	0.221	0.010	0.161	0.186	0.104	0.097	1.000	0.281	0.144	0.093	0.177	0.106	0.227	0.291	0.271	0.304	0.173	0.193	0.226	0.073	0.080	0.174	0.162
18	0.616	0.567	0.415	0.234	0.212	0.513	0.365	0.501	0.608	0.148	0.571	0.395	0.031	0.233	0.289	0.161	0.132	0.281	1.000	0.217	0.133	0.295	0.152	0.376	0.609	0.563	0.627	0.276	0.300	0.356	0.108	0.113	0.290	0.260
19	0.228	0.213	0.147	0.134	0.119	0.204	0.161	0.196	0.216	0.080	0.232	0.197	0.002	0.146	0.161	0.094	0.083	0.144	0.217	1.000	0.085	0.147	0.088	0.179	0.237	0.226	0.239	0.130	0.146	0.170	0.060	0.078	0.144	0.159
20	0.166	0.133	0.097	0.083	0.090	0.127	0.106	0.133	0.134	0.073	0.140	0.114	0.006	0.091	0.094	0.073	0.067	0.093	0.133	0.085	1.000	0.081	0.076	0.113	0.137	0.132	0.153	0.097	0.094	0.125	0.054	0.066	0.092	0.094
21	0.349	0.314	0.227	0.143	0.135	0.275	0.215	0.262	0.310	0.086	0.306	0.232	-0....	0.144	0.181	0.098	0.080	0.177	0.295	0.147	0.081	1.000	0.098	0.220	0.316	0.297	0.337	0.162	0.186	0.225	0.071	0.074	0.173	0.159
22	0.191	0.151	0.117	0.091	0.103	0.144	0.119	0.149	0.154	0.085	0.167	0.124	-0....	0.099	0.104	0.078	0.072	0.106	0.152	0.088	0.076	0.098	1.000	0.128	0.160	0.149	0.170	0.110	0.101	0.140	0.057	0.065	0.108	0.097
23	0.422	0.380	0.301	0.193	0.173	0.360	0.277	0.362	0.377	0.122	0.397	0.291	0.007	0.193	0.242	0.134	0.108	0.227	0.376	0.179	0.113	0.220	0.128	1.000	0.386	0.364	0.424	0.221	0.246	0.279	0.092	0.094	0.228	0.207
24	0.679	0.614	0.431	0.236	0.220	0.534	0.377	0.525	0.727	0.152	0.618	0.431	0.054	0.246	0.310	0.169	0.140	0.291	0.609	0.237	0.137	0.316	0.160	0.386	1.000	0.650	0.711	0.284	0.312	0.370	0.114	0.120	0.303	0.278
25	0.616	0.565	0.402	0.225	0.204	0.493	0.352	0.481	0.651	0.144	0.566	0.404	0.045	0.230	0.291	0.154	0.128	0.271	0.563	0.226	0.132	0.297	0.149	0.364	0.650	1.000	0.648	0.268	0.295	0.348	0.105	0.114	0.283	0.264
26	0.821	0.668	0.468	0.242	0.236	0.563	0.410	0.553	0.726	0.169	0.683	0.438	0.056	0.253	0.318	0.178	0.151	0.304	0.627	0.239	0.153	0.337	0.170	0.424	0.711	0.648	1.000	0.319	0.338	0.452	0.138	0.123	0.330	0.293
27	0.334	0.286	0.282	0.144	0.148	0.283	0.210	0.274	0.286	0.122	0.304	0.216	0.009	0.174	0.179	0.110	0.096	0.173	0.276	0.130	0.097	0.162	0.110	0.221	0.284	0.268	0.319	1.000	0.209	0.277	0.073	0.078	0.198	0.162
28	0.332	0.319	0.304	0.159	0.140	0.311	0.240	0.290	0.303	0.109	0.324	0.236	0.018	0.177	0.201	0.107	0.096	0.193	0.300	0.146	0.094	0.186	0.101	0.246	0.312	0.295	0.338	0.209	1.000	0.268	0.069	0.074	0.193	0.172
29	0.475	0.377	0.368	0.181	0.192	0.363	0.260	0.334	0.381	0.155	0.421	0.275	0.009	0.218	0.218	0.138	0.134	0.226	0.356	0.170	0.125	0.225	0.140	0.279	0.370	0.348	0.452	0.277	0.268	1.000	0.098	0.099	0.246	0.200
30	0.148	0.112	0.072	0.067	0.069	0.097	0.089	0.107	0.113	0.056	0.116	0.087	-0....	0.058	0.071	0.058	0.053	0.073	0.108	0.060	0.054	0.071	0.057	0.082	0.114	0.105	0.138	0.073	0.069	0.098	1.000	0.046	0.071	0.074
31	0.135	0.111	0.072	0.072	0.080	0.106	0.083	0.111	0.111	0.065	0.120	0.098	0.009	0.078	0.080	0.068	0.057	0.080	0.113	0.078	0.066	0.074	0.065	0.084	0.120	0.114	0.123	0.078	0.074	0.099	0.046	1.000	0.077	0.082
32	0.348	0.294	0.258	0.159	0.142	0.285	0.210	0.279	0.300	0.111	0.319	0.235	0.003	0.168	0.193	0.111	0.093	0.174	0.290	0.144	0.092	0.173	0.108	0.228	0.303	0.283	0.330	0.198	0.193	0.246	0.071	0.077	1.000	0.174
33	0.282	0.260	0.193	0.146	0.130	0.242	0.190	0.247	0.266	0.099	0.290	0.225	0.001	0.152	0.182	0.107	0.091	0.162	0.260	0.159	0.094	0.159	0.097	0.207	0.278	0.264	0.293	0.1						

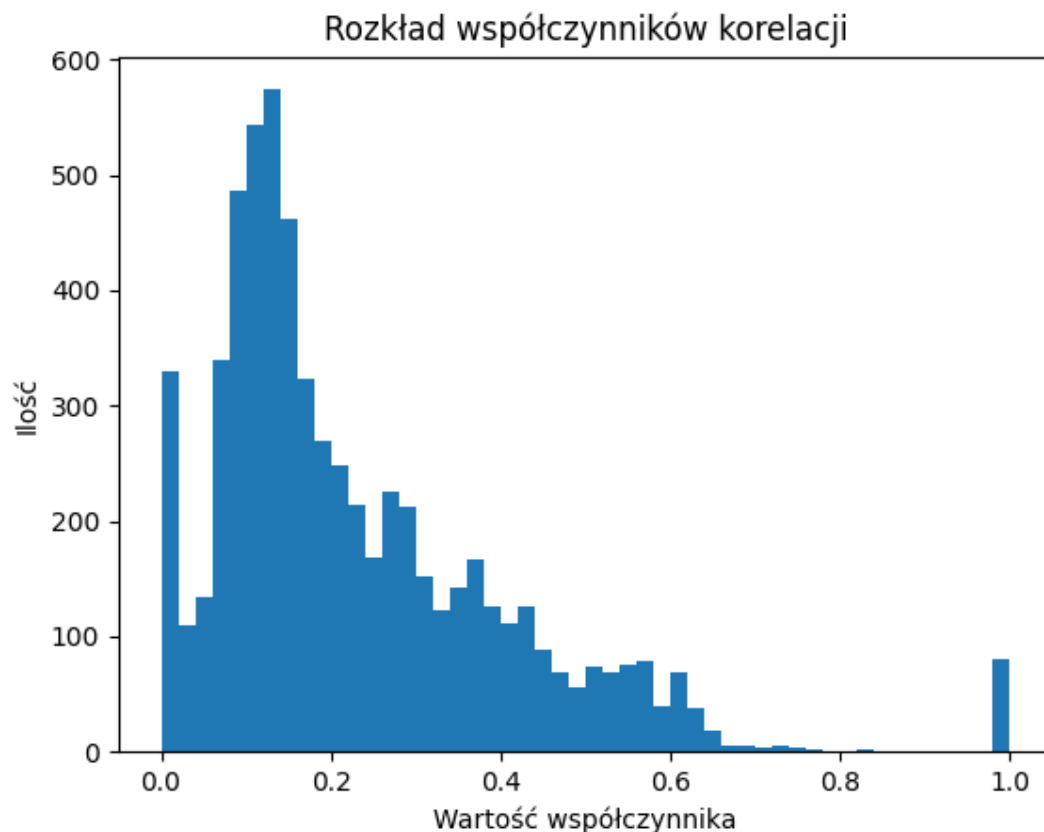


Wartości korelacji dla danej kryptowaluty samej ze sobą mają wartość 1, co jest zgodne z charakterystyką macierzy korelacji. Można również zauważyć, że wyżej przedstawiona macierz jest kwadratowa i symetryczna względem przekątnej, co również sugeruje, że jest to poprawnie wygenerowana wizualizacja i wartości również zostały poprawnie wyliczone.

Wyznaczono również rozkład współczynników macierzy korelacji. Wykorzystany kod oraz sam rozkład przedstawione zostały poniżej.

```
def _matrix_distribution(matrix, n_bins):
    plot_hist(
        'Rozkład współczynników korelacji', 'Wartość współczynnika', 'Ilość',
```

```
matrix.reshape(-1), bins=n_bins, filename=os.path.join(PLOTS_DIRECTORY,
'rozklad_wspolczynnkow_korelacji.png'),
    range=(0, 1)
)
```



Widoczny wzrost ilości wystąpień wartości 1.0 jest związany z autokorelacją. Po przeanalizowaniu wartości macierzy można zauważyć, że jedynie korelacja kryptowaluty oznaczonej jako 0 i kryptowaluty oznaczonej jako 26 ma wartość powyżej 0.8 (nie licząc autokorelacji), co będzie miało odzwierciedlenie w analizach przedstawionych niżej.

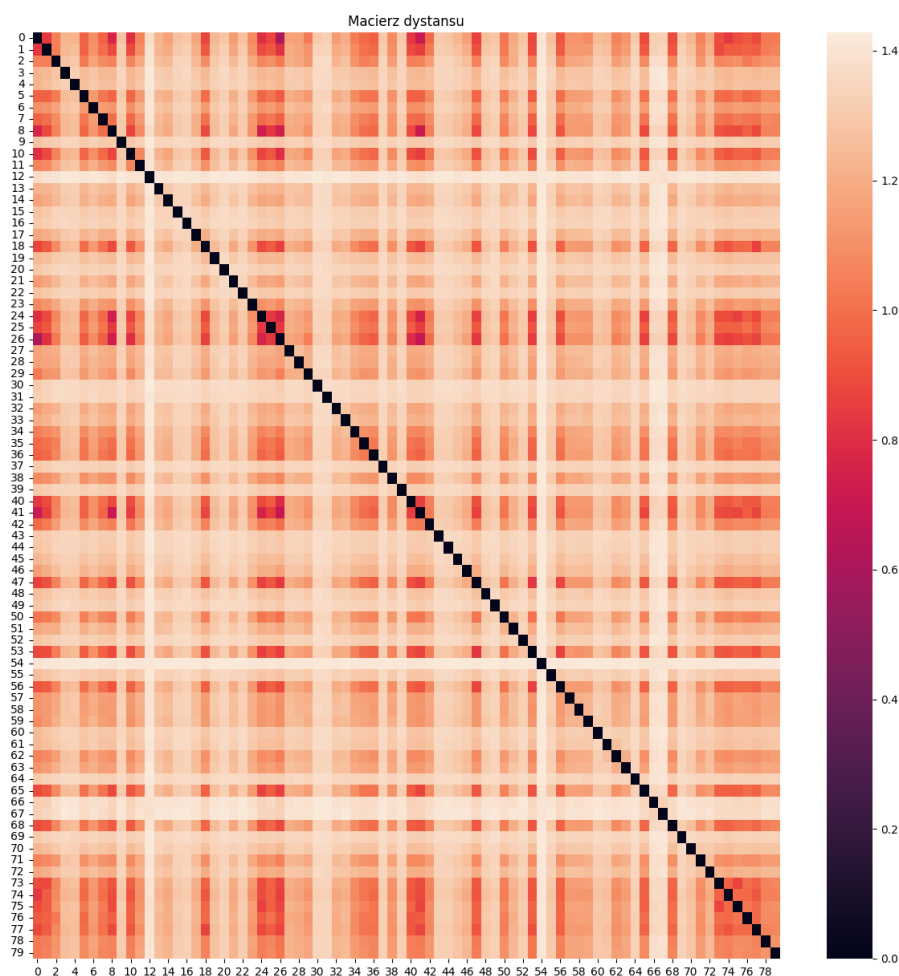
Na podstawie współczynników korelacji obliczono macierz dystansów oraz stworzono drzewo MST.

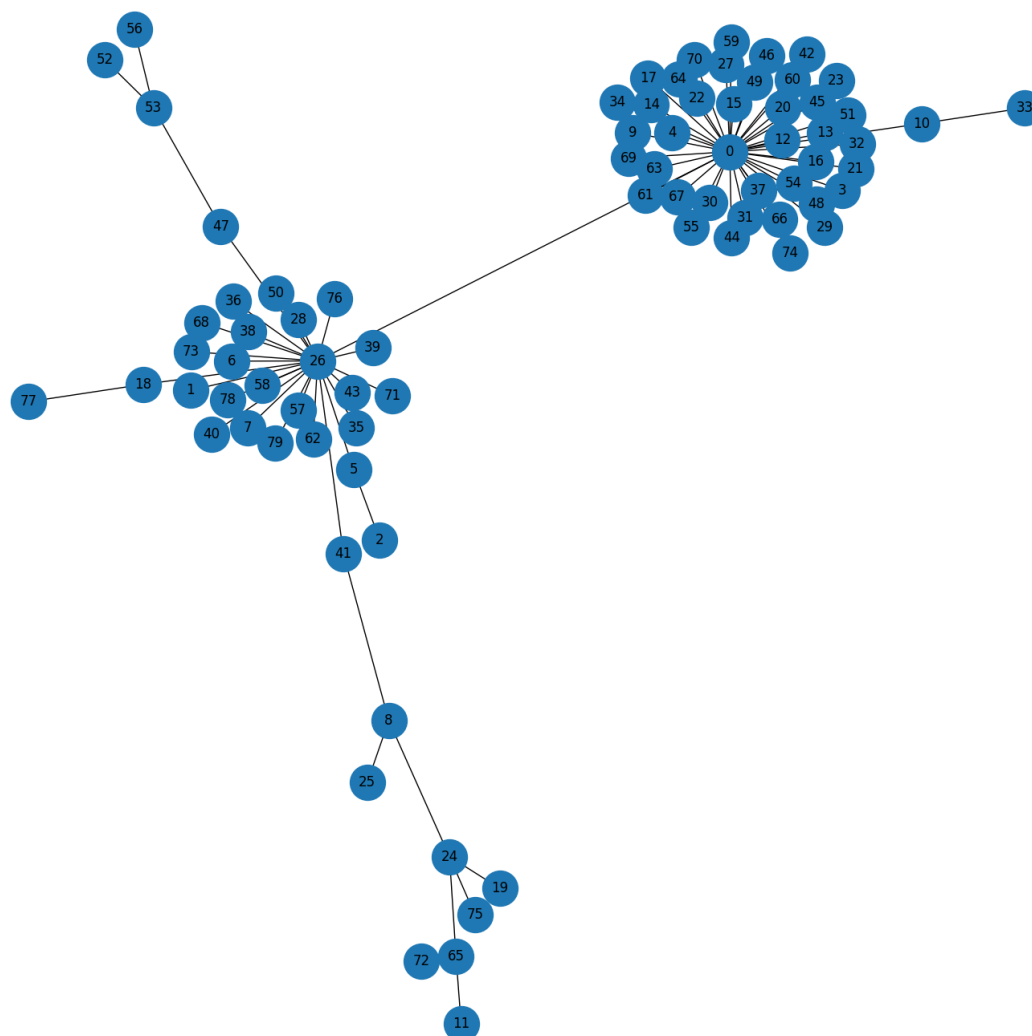
```
def _calculate_distance_matrix(corr_mat, saved_distance_mat='distance_matrix.pkl'):
    try:
        return load_pkl_matrix(saved_distance_mat)
    except FileNotFoundError:
        dst_mat = copy.deepcopy(corr_mat)
        ran = range(len(dst_mat))
        for x in ran:
            for y in ran:
```

```
dst_mat[x][y] = sqrt(2 * (1 - dst_mat[x][y]))
write_matrix_to_pkl(saved_distance_mat, np.array(dst_mat))
return dst_mat
```

Wizualną reprezentację macierzy dystansów i drzewa MST przedstawiono na poniższych grafikach.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	0.0000	0.0066	1.0481	1.2247	1.2247	0.9517	1.0945	0.9517	0.7618	1.2729	0.8000	1.0580	1.3713	1.2165	1.1378	1.2729	1.2915	1.1743	0.8778	1.2497	1.2841	1.1401	1.2729	1.0770
1	0.0066	0.0000	1.0481	1.2497	1.2568	0.9517	1.1155	0.8995	0.8318	1.3034	0.8318	1.0828	1.3024	1.2328	1.1914	1.2915	1.3199	1.2000	0.9276	1.2598	1.3199	1.1743	1.3034	1.1135
2	1.0481	1.0481	0.0000	1.2062	1.2915	1.0296	1.1619	1.0828	1.0580	1.3149	1.0580	1.1632	1.4000	1.2598	1.3497	1.3347	1.3416	1.2497	1.0828	1.3034	1.3416	1.2497	1.3265	1.1832
3	1.2247	1.2497	1.2062	0.0000	1.3199	1.2490	1.2062	1.2497	1.2497	1.4867	1.2247	1.2729	1.4121	1.3114	1.2915	1.3416	1.3547	1.2915	1.2497	1.3199	1.3547	1.3114	1.3497	1.2729
4	1.2247	1.2568	1.2915	1.3199	0.0000	1.2491	1.2915	1.2568	1.2490	1.3416	1.2497	1.2541	1.4072	1.3199	1.3114	1.3416	1.3497	1.3114	1.2568	1.3265	1.3497	1.3199	1.3416	1.2541
5	0.9517	0.9517	1.0296	1.2490	1.2491	0.0000	1.1317	1.0180	0.9654	1.3034	0.9654	1.1317	1.4000	1.2328	1.2030	1.3034	1.3199	1.2165	0.8995	1.2691	1.3199	1.2030	1.3114	1.1317
6	1.0945	1.1155	1.1619	1.2062	1.2915	1.1317	0.0000	1.1401	1.1220	1.3265	1.0945	1.2030	1.4072	1.2062	1.2598	1.3265	1.3416	1.2598	1.1317	1.2915	1.3347	1.2598	1.3265	1.2000
7	0.9517	0.8995	1.0828	1.2497	1.2568	1.0180	1.1401	0.0000	0.8995	1.3034	0.9780	1.1317	1.4000	1.2490	1.2030	1.3034	1.3199	1.2030	1.0000	1.2691	1.3199	1.2165	1.3034	1.1317
8	0.7618	0.8318	1.0580	1.2497	1.2568	0.9654	1.1220	0.8995	0.0000	1.3034	0.8778	1.0828	1.3713	1.2497	1.1914	1.2915	1.3199	1.2000	0.8318	1.2490	1.3199	1.1743	1.3034	1.1135
9	1.2729	1.3034	1.3149	1.3497	1.3416	1.3034	1.3265	1.3034	1.3034	0.0000	1.2915	1.3265	1.4121	1.3416	1.3416	1.3547	1.3547	1.3416	1.3034	1.3547	1.3034	1.3547	1.3265	1.3265
10	0.8000	0.8318	1.0580	1.2247	1.2497	0.9654	1.0945	0.9780	0.8778	1.2915	0.0000	1.0671	1.3924	1.2165	1.1619	1.2062	1.3114	1.2000	0.9276	1.2497	1.3114	1.1743	1.2041	1.0945
11	1.0580	1.0828	1.1632	1.2729	1.2841	1.1317	1.2030	1.1317	1.0828	1.3265	1.0671	0.0000	1.4000	1.2729	1.2328	1.3199	1.3347	1.2490	1.1045	1.2691	1.3347	1.2497	1.3265	1.1914
12	1.3713	1.3024	1.4000	1.4121	1.4072	1.4000	1.4072	1.4000	1.3713	1.4121	1.3924	1.4000	0.0000	1.4072	1.4000	1.4121	1.4072	1.4072	1.3924	1.4121	1.4072	1.4212	1.4121	1.4072
13	1.2165	1.2328	1.2598	1.3114	1.3199	1.2328	1.2892	1.2490	1.2497	1.3416	1.2165	1.2729	1.4072	0.0000	1.2915	1.3416	1.3497	1.2915	1.2497	1.3034	1.3497	1.3114	1.3416	1.2729
14	1.1378	1.1914	1.2497	1.2915	1.3114	1.2030	1.2598	1.2030	1.1914	1.3416	1.1619	1.2328	1.4000	1.2915	0.0000	1.3347	1.3497	1.2729	1.1914	1.2915	1.3497	1.2030	1.3416	1.2328
15	1.2729	1.2915	1.3347	1.3416	1.3416	1.3034	1.3265	1.3034	1.2915	1.3547	1.2062	1.3199	1.4121	1.3416	1.3347	0.0000	1.3632	1.3416	1.2915	1.3497	1.3632	1.3416	1.3547	1.3199
16	1.2915	1.3199	1.3416	1.3547	1.3497	1.3199	1.3416	1.3199	1.3199	1.3547	1.3114	1.3347	1.4072	1.3497	1.3497	1.3632	0.0000	1.3416	1.3199	1.3547	1.3632	1.3547	1.3632	1.3347





Na przedstawionym wyżej drzewie MST wyraźnie widać zależność kursów większości kryptowalut od dwóch - oznaczonych jako 0 i 26.