



GTÜ BİL MUH BİL 495
SON SUNUM
UÇAK PİSTİ
OPTİMİZASYONU

Fatih Selim YAKAR

Proje Danışmanı:

Prof. Dr. Fatih Erdoğan SEVİLGEN

Ocak 2020

İÇERİK



PROJENİN ŞEMASI VE
TANIMI



PROJE TASARIM PLANI
VE ZAMAN ÇİZELGESİ



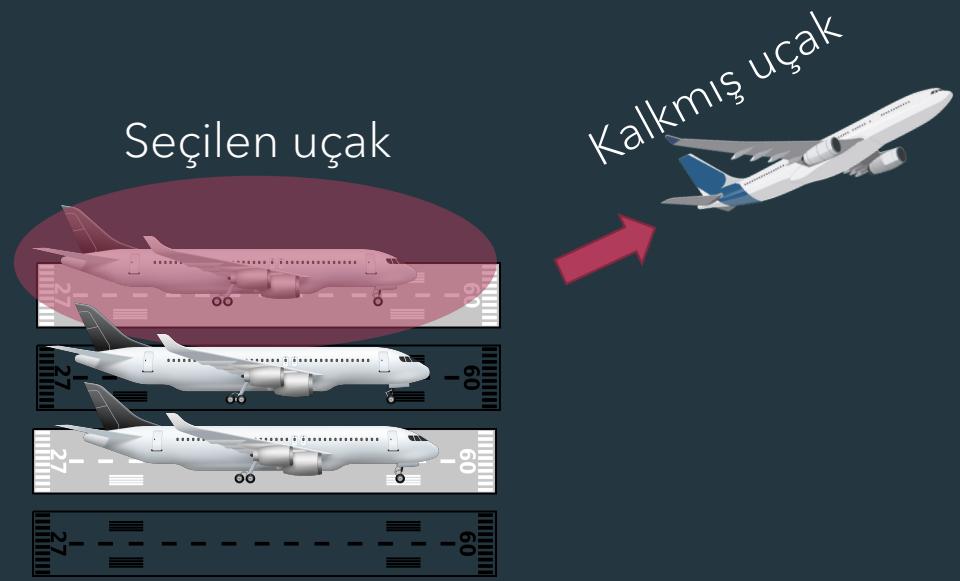
YAPILANLAR



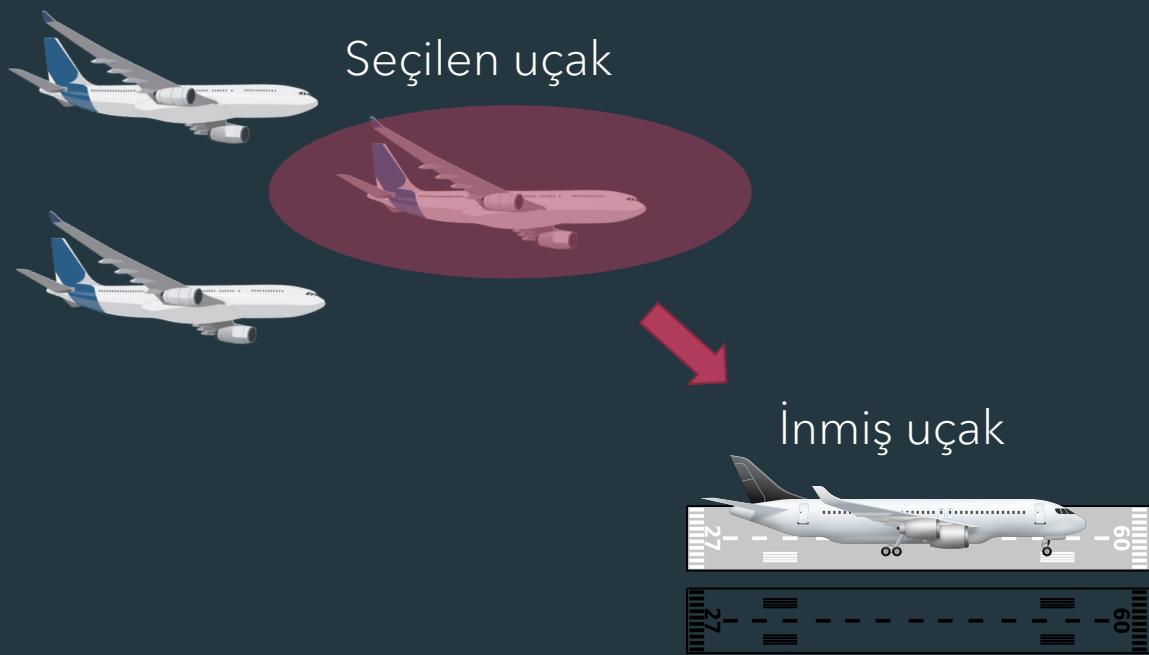
KAYNAKLAR

PROJE ŞEMASI VE TANIMI

1) Uçan bir uçağın ardından hangi uçağın kalkacağını belirleme



2) İnen bir uçağın ardından hangi uçağın ineceğini belirleme



Tanım: Bu proje inen veya kalkan bir uçağın ardından gelen uçağın en iyi biçimde seçilmesini sağlayıp maksimum verimliliği (uçakların toplam gecikmesini en aza indirmeyi) sağlamayı amaçlamaktadır.

PROJENİN TASARIM PLANI VE ZAMAN ÇİZELGESİ

2 hafta	 Problemin tanımlanması.	<input checked="" type="checkbox"/>
2 hafta	 Tanımlanan problemin literatürdeki benzerlerine bakılıp çözüm tekniklerinin incelenmesi	<input checked="" type="checkbox"/>
2 hafta	 Literatürdeki çözümlerin uygulanması.	<input checked="" type="checkbox"/>
2 hafta	 Problemin optimizasyon problemi olarak tanımlanması.	<input checked="" type="checkbox"/>
2 hafta	 Çözüm teknikleri doğrultusunda yeni bir çözüm oluşturulması	<input checked="" type="checkbox"/>
2 hafta	 Yeni çözümün test verileri ve referans algoritmalar ile denenip farklılarının çıkarılması	<input checked="" type="checkbox"/>
2 hafta	 Çözümün gerçek havalimanı verilerine adapte edilmesi ve görselleştirilmesi	<input type="checkbox"/>
2 hafta	 Tüm bu sürecin rapora dökülmesi	<input checked="" type="checkbox"/>

UYGULANAN ALGORİTMALAR

- Açıgözlü Algoritmalar:

Hesaplanan belirli indekslere göre açgözlü seçimler yaparak birer sıralama buluyorlardı.

1 .ALGORİTMA: *En Erken Hazır Süresi (Earliest Ready Time)*

2 .ALGORİTMA: *Ayrılma ve Hazır Süreleriyle Uyarlanmış Görünür Gecikme Maliyeti (AATCSR)*

3 .ALGORİTMA: *Hızlı Öncelik Endeksi (FPI)*

- Meta-sezgisel Algoritmalar:

Kendi içlerinde farklı yöntemlerle yerel en iyiden kaçmak ve global en iyiye odaklanmak için keşfetme ve odaklanma işlemlerini yerine getiriyorlardı.

4 .ALGORİTMA: *Benzetimli Tavlama (SA) - $T(\text{Sıcaklık})$ parametresi ile sağlıyordu*

5 .ALGORİTMA: *Rastgele Öncelikli Arama Algoritması İçin Meta-sezgisel Yöntem (Meta-raps) - Sapma sınırı parametresi ve açgözlü seçimlerle sağlıyordu.*

6 .ALGORİTMA: *Genetik Algoritma (GA) - Doğal seçilimi simüle ederek sağlıyordu. (çaprazlama, mutasyon, iyilerin hayatı kalması)*

PROJEDE UYGULANAN ALGORITMALAR İÇİN HIPER PARAMETRE OPTIMİZASYONU DENEYLERİ

Meta-sezgisel yöntemlerdeki parametreler belirli aralıkta olabileceği ve buna bağlı olarak algoritmanın davranışının değişeceği için aşağıdaki yöntemler için deney aralıkları hazırlandı:

1. Benzetimli Tavlama (SA)
2. Rastgele Öncelikli Arama Algoritması İçin Meta-sezgisel Yöntem (Meta-raps)
3. Genetik Algoritma (GA)

Bahsi geçen bu üç algoritma için rastgeleliği azaltmak amacıyla aynı kombinasyonda 10'ar kere çalıştırılarak ortalaması alındı. Veri kümesindeki toplam 20 tane test için deneyler yapıldı. Adilliği korumak amacıyla algoritmaların aynı ya da benzer sürelerde çalışmaları amaçlandı. Her deneyde bulunan en iyi değerler bir sonraki deneylerde sabit değer olarak kullanıldı.

SONUÇLARI KARŞILAŞTIRMAK İÇİN KULLANILAN HATA DEĞERİ

Çözümlerin değerlendirilmesi için ise aşağıdaki formül geliştirildi. Bu formül 20 tane veri örneği için uygulanıp toplanarak bir toplam hata miktarı elde edildi.

Ölçekli hata değeri =

$$\frac{(objektif\ fonksiyon\ değeri - optimal\ objektif\ fonksiyon\ değeri)}{optimal\ objektif\ fonksiyon\ değeri}$$

BENZETİMLİ TAVLAMA ALGORİTMASI DENEYİ İÇİN HİPER PARAMETRE ARALIKLARI

- Soğutma katsayısı: 0.7-0.995
- İç döngü sayısı: 20-200
- En soğuk sıcaklık veya dış döngü iterasyon sayısı: 100-2000
- Tekrar ısıtma sayısı: 1-10

META-RAPS ALGORİTMASI DENEYİ İÇİN HIPER PARAMETRE ARALIKLARI

- Sapma sınırı: 0.1-0.9
- İterasyon sayısı: 500-5000

GENETIK ALGORITMA DENEYİ İÇİN HIPER PARAMETRE ARALIKLARI

- Çaprazlama tipi testi: O1-PMX
- Popülasyon boyutu testi: 10-100
- Çaprazlama ihtimali testi: 0.2-0.9
- İterasyon testi: 100-3000

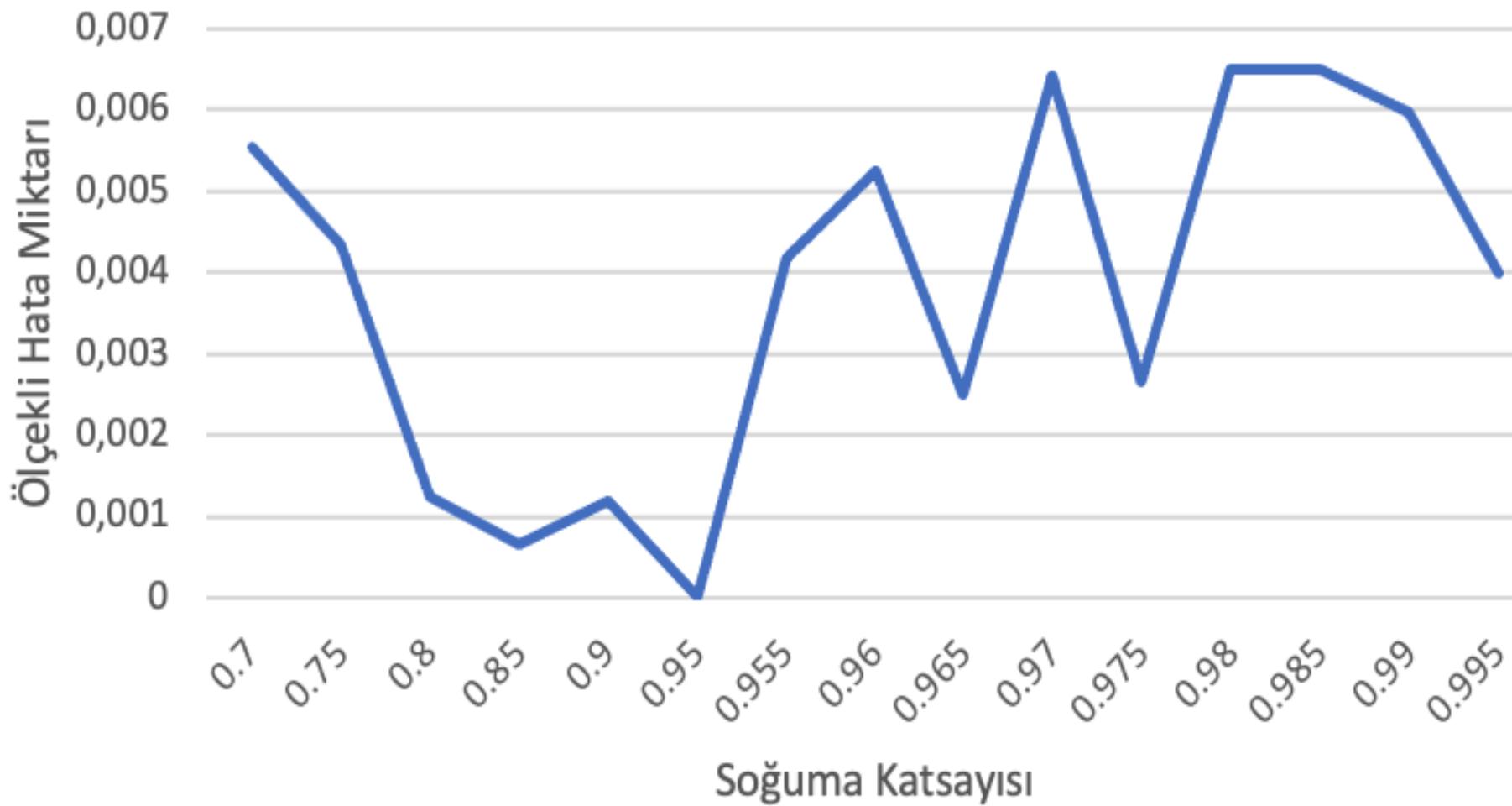
BENZETİMLİ TAVLAMA DENEYLERİ

- Soğuma Katsayısı Deneyi (0.7-0.995)

Çalışma zamanındaki dengesizlik tekrar ısıtma sayısıyla dengelendi.

Veri Örneği	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	0.955	0.96	0.965	0.97	0.975	0.98	0.985	0.99	0.995	Optimal Deney
0	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994
1	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930
2	907	907	907	907	907	907	907	907	907	907	907	907	907	907	907	907
3	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904
4	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052
5	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931
6	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898
7	879	879	879	879	879	879	879	879	879	879	879	879	879	879	879	879
8	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898
9	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927
10	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943
11	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943
12	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957
13	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899
14	911	911	911	911	911	911	911	911	911	911	911	911	911	911	911	911
15	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222
16	1360,5	1358,9	1356,7	1355,9	1356,6	1355	1358	1361,1	1357,4	1362,7	1358,6	1361,8	1361,8	1363,1	1360,4	1355
17	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
18	1223,8	1223,8	1222	1222	1222	1222	1224,4	1222,9	1222,9	1222,9	1222	1223,8	1223,8	1222	1222	1222
19	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209
yineleme #	27	43	55	82	121	257	291	329	370	440	521	663	887	1333	2673	257
tekrar ısıtma	350	250	200	150	80	9	8	6	5	5	4	3	2	1	1	?
optimal olm	2	2	1	1	1	0	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1
Çalışma zam	398,1	382,4	403,9	441,6	408,9	413	401	441	402,6	436,11	470,5	452,6	476	478	484	1119
Ölçekli Hata	0,005532	0,0043512	0,0012546	0,0006642	0,0011808	0	0,004178	0,0052383	0,0025077	0,0064192	0,00265683	0,0064914	0,0064914	0,0059779	0,0039852	21

Ölçekli Hata Dağılımı

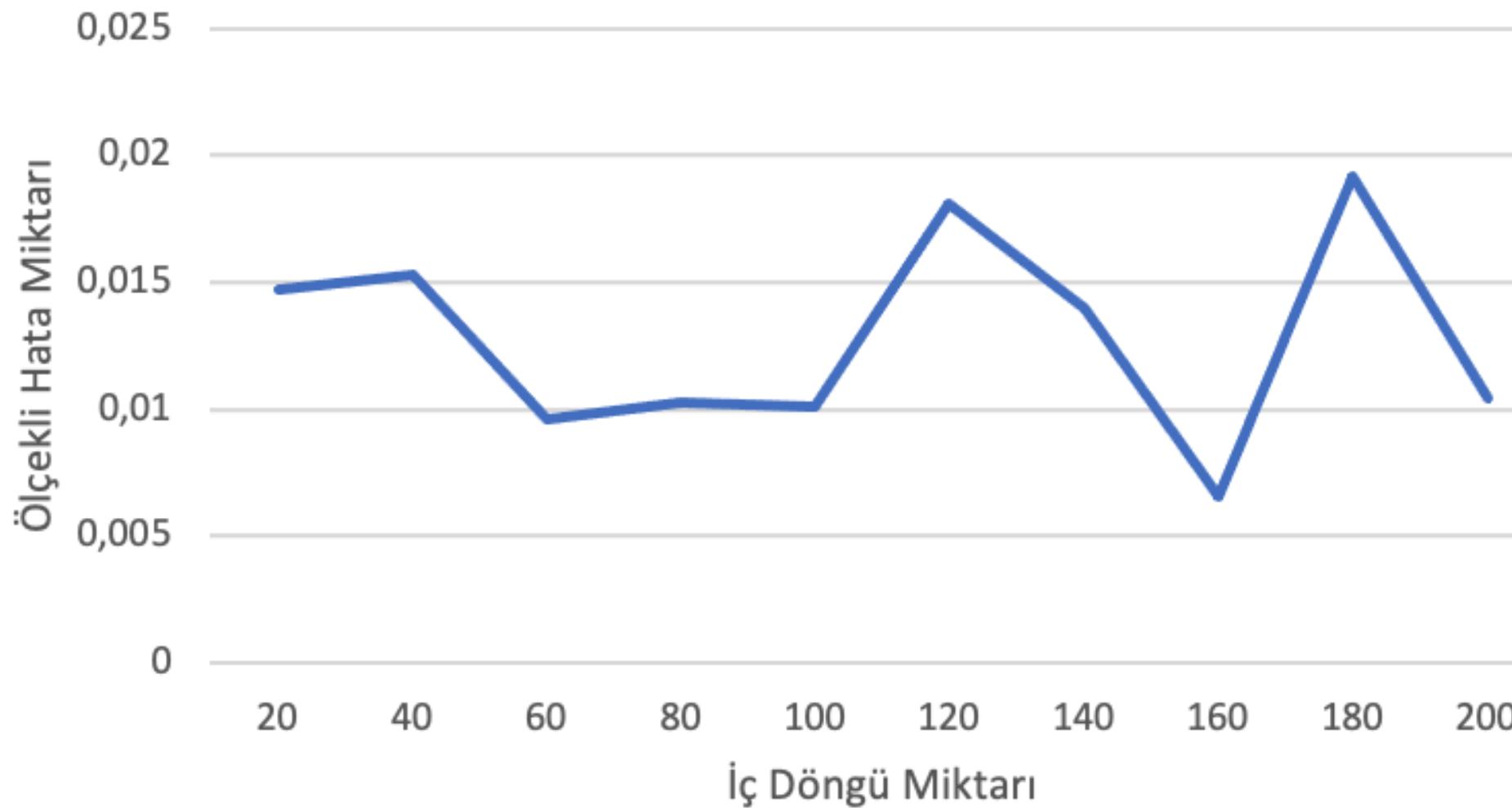


- İç Döngü Sayısı Deneyi (20-200)

Çalışma zamanındaki dengesizlik tekrar ısitma sayısıyla dengelendi.

Veri Örneği	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	Optimal Değerle
0	994	994	994	994	994,2	994	994,1	994	994	994,1	994
1	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930
2	907	907	907	907	907	907	907	907	907	907	907
3	904	904	904	904	904	904	904,9	904	904	904	904
4	1052	1052,2	1052	1052,1	1052,1	1052,2	1052,1	1052	1052,1	1052,1	1052
5	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931
6	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898
7	879	879	879	879	879	879,6	879	879	879	879	879
8	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898
9	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927
10	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943
11	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943
12	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957
13	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899
14	911	911	911	911	911	911	911	911	911	911	911
15	1222	1222	1222,6	1222	1222	1222	1222	1222	1223,3	1222	1222
16	1372,2	1372,6	1375,8	1375,1	1374,2	1385,4	1376,8	1366,9	1381,7	1373,6	1366,9
17	1236	1237,5	1237,5	1237,8	1238,4	1236	1237,5	1236	1236	1236	1236
18	1237,2	1236,6	1229,2	1230,7	1232,5	1230,5	1233,1	1235,5	1236,4	1233,9	1229,2
19	1214,2	1213,5	1210,7	1210,5	1209	1212	1210,5	1210,7	1210,5	1210,9	1209
tekrar ısitma #	9	4	3	2	2	1	1	1	1	1 ?	
optimal olmayan #	3	5	4	6	4	6	6	2	6	4	2
Çalışma zamanı	87	74	92	77	91	71	74	79	82	92	71
Ölçekli Hata	0,01468676	0,01531599	0,00962179	0,01021255	0,01006203	0,01804657	0,01396038	0,00653141	0,01918507	0,01039183	0,00653141

Ölçekli Hata Dağılımı



- İterasyon Sayısı Veya En Soğuk Sıcaklık Değeri Deneyi (100-2000)



- Tekrar İşitma Sayısı Deneyi (1-10)



SA İÇİN EN İYİ SONUCU VEREN PARAMETRELER

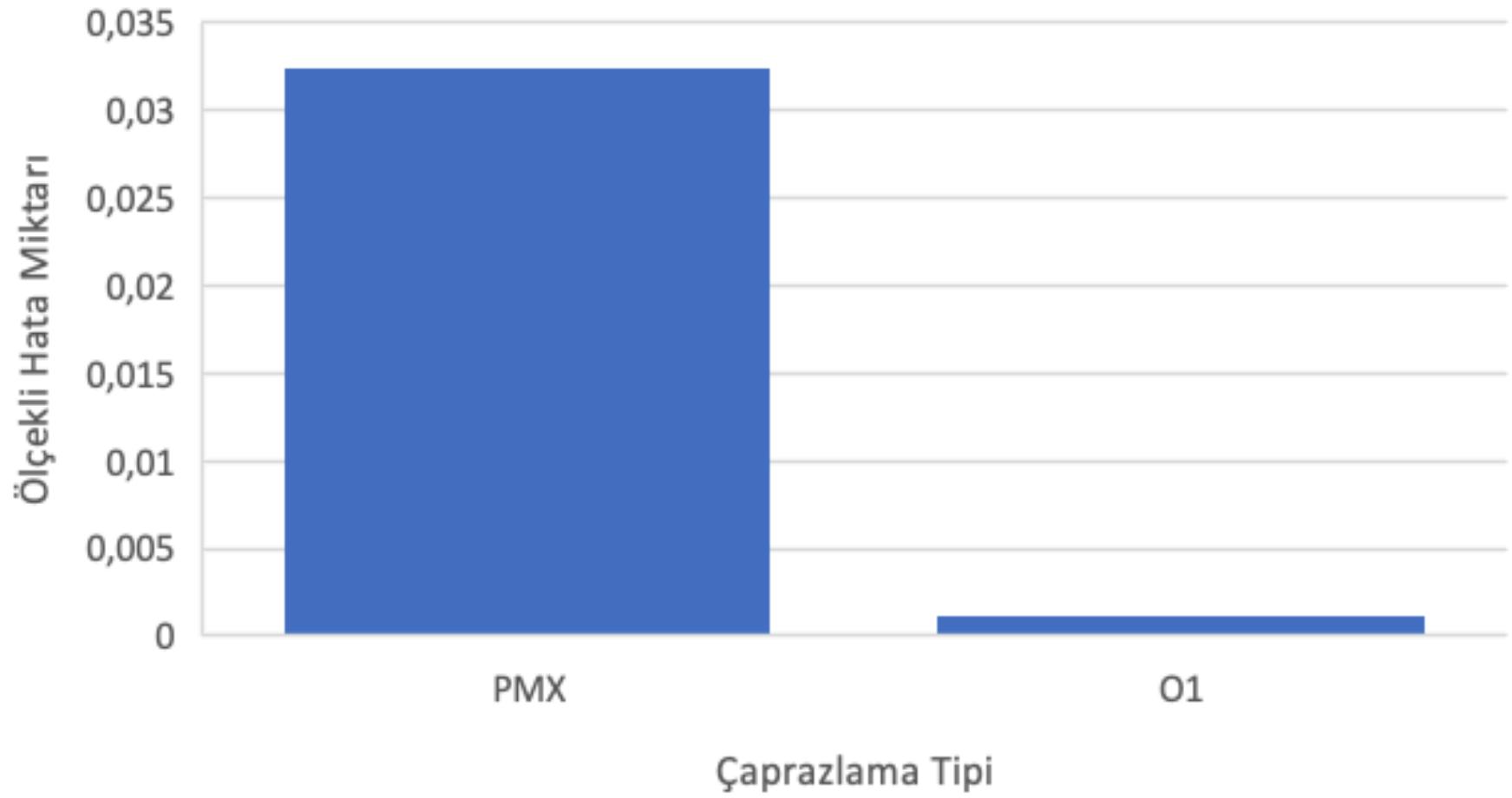
- Soğutma katsayısı: 0.95
- İç döngü sayısı: 160
- En soğuk sıcaklık veya dış döngü iterasyon sayısı: $300(\text{iterasyon}) - 0.002(\text{en soğuk sıcaklık})$
- Tekrar ısıtma sayısı: 4

GENETİK ALGORİTMA DENEYLERİ

- Çaprazlama Tipi Deneyi (O1-PMX)

Veri Örneği	PMX	O1	Optimal Değerler
0	995,4	994	994
1	930	930	930
2	908	907	907
3	905,5	904	904
4	1056,3	1052	1052
5	931	931	931
6	898	898	898
7	879,6	879	879
8	898	898	898
9	927	927	927
10	943	943	943
11	943	943	943
12	957	957	957
13	899	899	899
14	911	911	911
15	1223,8	1222,9	1222,9
16	1387,3	1362,9	1362,9
17	1236	1237,5	1236
18	1230,4	1224,4	1224,4
19	1210,5	1210,5	1210,5
Optimal olmayan sayısı	8	1	1
Çalışma zamanı	704	978	704
Ölçekli Hata	0,03247964	0,00121359	0,00121359
Döngü Sayısı	830	830	

Ölçekli Hata Miktarları

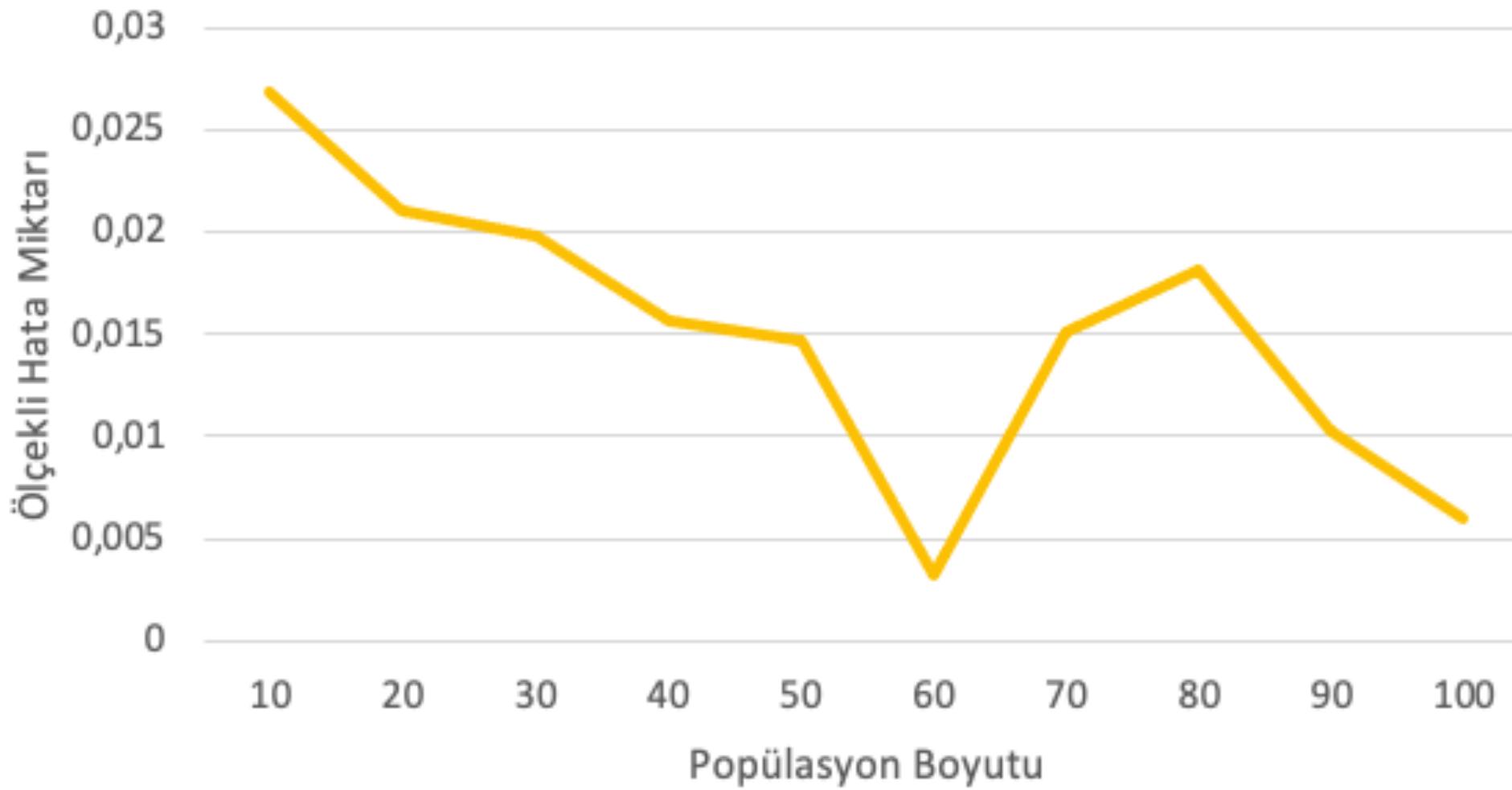


- Popülasyon Boyutu Deneyi (10-100)

Çalışma zamanındaki dengesizlik iterasyon sayısıyla dengelendi.

Veri Örneği	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Optimal Değerler
0	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994
1	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930
2	907	907,7	908	907	907	907	907	907	907	907	907
3	904	907	904	904	904	904	904	904	904	904	904
4	1052,1	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052
5	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931
6	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898
7	879	879	879	879	879	879	879	879	879	879	879
8	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898	898
9	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927
10	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943
11	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943	943
12	957	957,2	957	957	957	957	957	957,2	957	957	957
13	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899
14	911	911	911	911	911	911	911	911	911	911	911
15	1224,4	1222,9	1223,8	1224,1	1222,9	1222,9	1222	1223,6	1222	1222	1222
16	1367,1	1367,9	1368,8	1375	1373,7	1362,9	1375,5	1372,8	1368,2	1366,8	1362,9
17	1243,5	1243,1	1240,1	1238	1241,1	1237,5	1236	1236	1237,5	1237,5	1236
18	1242,7	1232,5	1234,9	1228,6	1225,3	1224,4	1230,1	1235,8	1227,7	1226,8	1224,4
19	1209,8	1209	1210,2	1209	1210,5	1210,5	1210,5	1209	1212	1209	1209
Optimal olmayan sayısı											
Çalışma zamani	6	7	6	4	5	3	3	4	4	3	3
Ölçekli Hata	0,0268165	0,0210643	0,0197899	0,015645	0,0147627	0,0031908	0,015141	0,0180929	0,0102789	0,0060353	0,0031908
Döngü Sayısı	5000	2500	1660	1250	1000	830	714	625	555	500	830

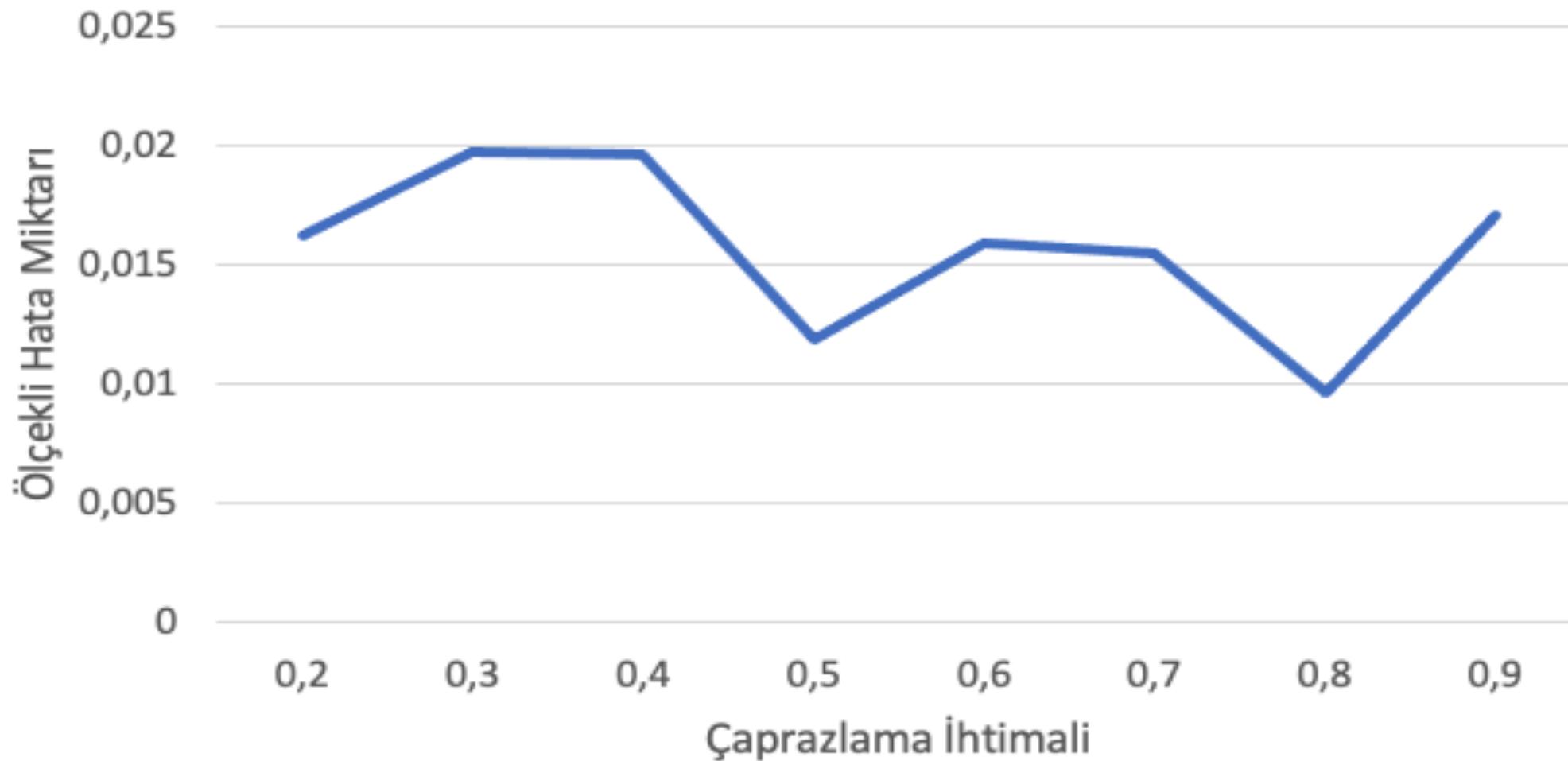
Ölçekli Hata Dağılımı



- Çaprazlama Olasılığı Deneyi (0.2-0.9)

Veri Örneği	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	Optimal Değerler
0	994	994	994	994	994	994	994	994	994
1	930	930	930	930	930	930	930	930	930
2	907	907	907	907	908	907	907	907	907
3	904	904	904	904	904	904	904	904	904
4	1052	1052,1	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052
5	931	931	931	931	931	931	931	931	931
6	898	898	898	898	898	898	898	898	898
7	879	879	879	879	879	879	879	879	879
8	898	898	898	898	898	898	898	898	898
9	927	927	927	927	927	927	927	927	927
10	943	943	943	943	943	943	943	943	943
11	943	943	943	943	943	943	943	943	943
12	957	957	957	957	957	957	957	957	957
13	899	899	899	899	899	899	899	899	899
14	911	911	911	911	911	911	911	911	911
15	1223,8	1222	1224,1	1223,5	1223,8	1222	1222,9	1223,8	1222
16	1363,3	1368,6	1377,7	1366,4	1357,3	1369,4	1363,8	1368,6	1357,3
17	1240	1238	1238	1237,5	1240	1236	1238	1238	1236
18	1231	1234	1223,8	1227,1	1235,8	1231	1225,3	1225,3	1223,8
19	1210,5	1210,7	1210,5	1209	1209,4	1209,8	1210,5	1214,4	1209
optimal									
olmayan sayısı	5	5	4	4	5	3	4	5	3
Çalışma zamanı	784	781	858	883	921	989	1054	1127	781
Ölçekli Hata	0,016254	0,0197793	0,019607	0,0118421	0,0159482	0,0154598	0,00961	0,0171087	0,00960992

Ölçekli Hata Dağılımı



- İterasyon Sayısı Deneyi (100-3000)

Veri Örneği	iterasyon 100	iterasyon 200	iterasyon 300	iterasyon 400	iterasyon 500	iterasyon 600	iterasyon 700	iterasyon 800	iterasyon 900	iterasyon 1000
0	1139	994,1	994	994	994	994	994	994	994	994
1	1030,5	930	930	930	930	930	930	930	930	930
2	965,5	907	907	907	907	907	907	907	907	907
3	1018,7	904	904	904	904	904	904	904	904	904
4	1161,3	1052,1	1052,1	1052,1	1052,1	1052,1	1052	1052	1052	1052
5	1003,1	931	931	931	931	931	931	931	931	931
6	940,1	898	898	898	898	898	898	898	898	898
7	968,8	879	879	879	879	879	879	879	879	879
8	920,3	898	898	898	898	898	898	898	898	898
9	968	927	927	927	927	927	927	927	927	927
10	1065,9	943	943	943	943	943	943	943	943	943
11	1027,1	943	943	943	943	943	943	943	943	943
12	1009,2	957,2	957,2	957,2	957	957	957	957	957	957
13	945,1	899	899	899	899	899	899	899	899	899
14	993,9	911	911	911	911	911	911	911	911	911
15	1614,1	1247,9	1225,6	1223,5	1223,5	1223,5	1222,9	1222,9	1222,9	1222,9
16	1772,7	1402,4	1380,4	1373,9	1371	1370,9	1370,9	1368	1368	1367
17	1550,6	1260,7	1244,3	1241,1	1239,5	1239	1238,4	1237,5	1237,5	1237,5
18	1537,4	1256,8	1238,8	1231	1230,1	1230,1	1230,1	1230,1	1230,1	1230,1
19	1570,7	1254,1	1222,6	1213,3	1211,8	1210,9	1210,9	1210,5	1210,5	1210,5
Ölçekli Hata	2,690551943	0,133077237	0,044587885	0,021457288	0,015845439	0,014624191	0,013553648	0,010358236	0,010358236	0,009621099



GENETIK ALGORITMA DENEY SONUÇLARI

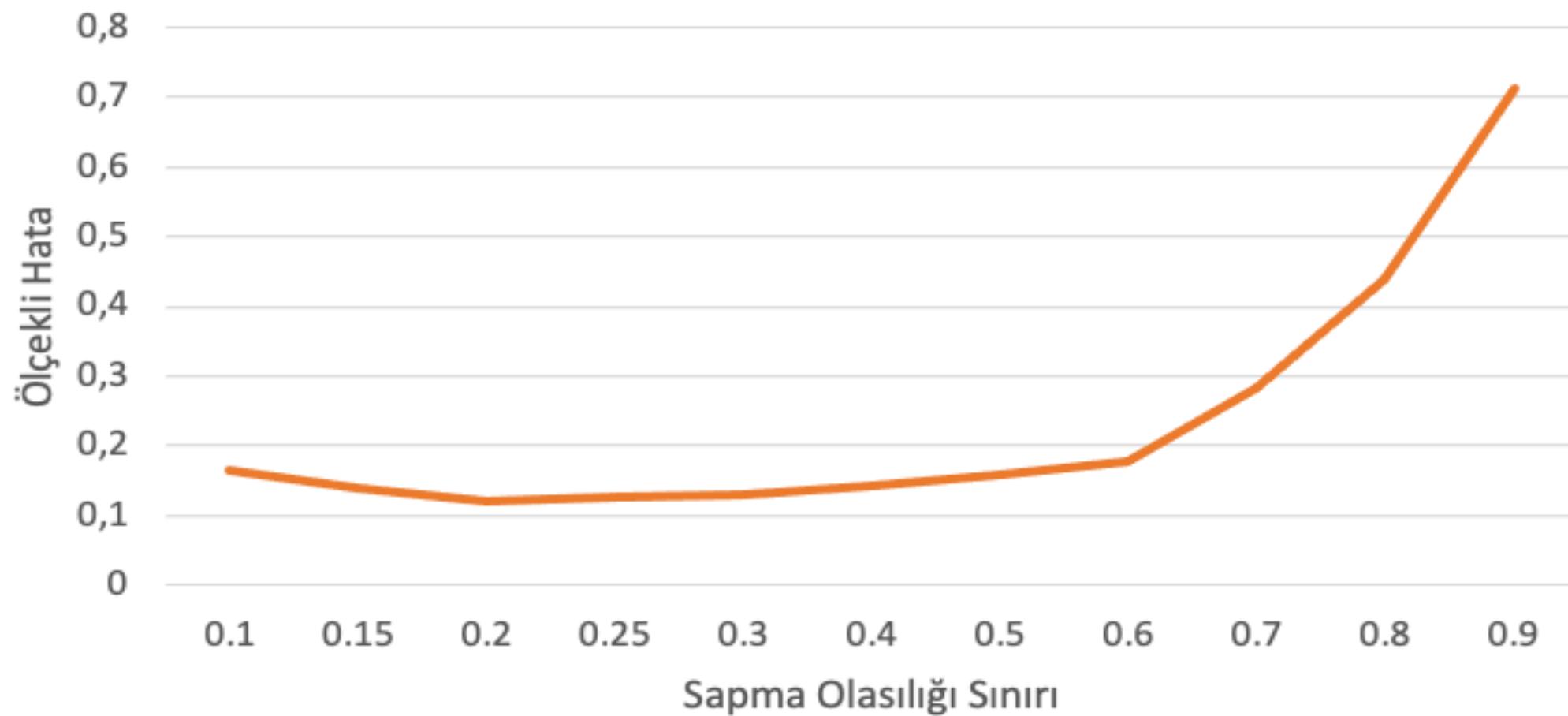
- Çaprazlama tipi testi: O1
- Popülasyon boyutu testi: 60
- Çaprazlama ihtimali testi: 0.8
- İterasyon testi: 800

META-RAPS ALGORİTMA DENEYLERİ

- Sapma Sınırı Deneyi (0.1-0.9)

Veri Örneği	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	optimal değerler
0	1008	1011,2	1015,5	1012,9	1012,1	1018,9	1017,4	1016,8	1016,9	1018,9	1031,2	1008
1	947,4	941,1	941,1	948,1	946,8	953,2	949,4	957,6	965,8	983	1003,5	941,1
2	926,8	926,2	925,9	928,3	929,8	930,3	932,6	934,5	938,8	939,8	948,9	925,9
3	917,8	919,1	921	920,7	922,4	926,9	933,3	930,6	942,3	967,2	1000	917,8
4	1059,9	1059,9	1056,3	1058,3	1059	1059,2	1059,2	1060,1	1062	1062	1069	1056,3
5	939,7	941,3	938,2	940,6	941,5	941,8	940,1	942,5	944,5	948,4	958,6	938,2
6	898	898	898	898	899,8	899,4	903,8	910,8	912,4	913	913	898
7	896	896,5	898,8	895,9	898,4	903,9	904,1	907,3	913,4	918,6	927	895,9
8	898	898	898	899,2	898,6	898	902,4	906,8	912,1	913	913	898
9	927	927	927	927	927,6	928,2	928,2	932,3	936,2	945,6	951,5	927
10	948,3	946,9	950,4	950,8	950,8	955,1	965,7	958,3	976,8	991,5	1022,5	946,9
11	947,7	943,3	944,9	947,9	950,4	950,3	955	955,8	966,4	993,5	1019,3	943,3
12	958,4	957	959,1	958,4	957,7	959,1	957,7	957	960,7	961,7	969,9	957
13	912,5	912,5	911	912,5	914	914,4	915,2	917	922,4	928,8	946	911
14	921,6	918,5	915,5	915,5	917,1	928,6	927,8	931,5	938	944,9	950	915,5
15	1340,4	1328,6	1335,3	1321,7	1305	1307,6	1298,4	1289,1	1285,8	1294,9	1304,6	1285,8
16	1505,7	1506,2	1502,4	1489,8	1497,6	1479,7	1481,3	1486,7	1481,1	1478,4	1497,9	1478,4
17	1348,3	1331,1	1323,7	1335,2	1336,2	1335,4	1345,6	1341,8	1365,5	1383,4	1416,7	1323,7
18	1299,1	1301	1286,3	1279,8	1288,4	1268,5	1274,8	1261,5	1264	1261	1275,1	1261
19	1296,4	1303,6	1292,7	1300	1287,2	1281,8	1261,5	1266,5	1261,9	1273,6	1286,9	1261,5
optimal olmayan	13	13	9	16	20	19	19	19	19	18	20	9
Çözüm süresi	921	913	1103	1075	1116	1042	1068	889	690	672	572	572
ölçekli hata	0,166093937	0,1399955	0,1212779	0,1256907	0,1284137	0,1417321	0,1591295	0,1757418	0,2821307	0,4379028	0,7114175	0,121278

Ölçekli Hata Dağılımı



- İterasyon Sayısı Deneyi (100-5000)

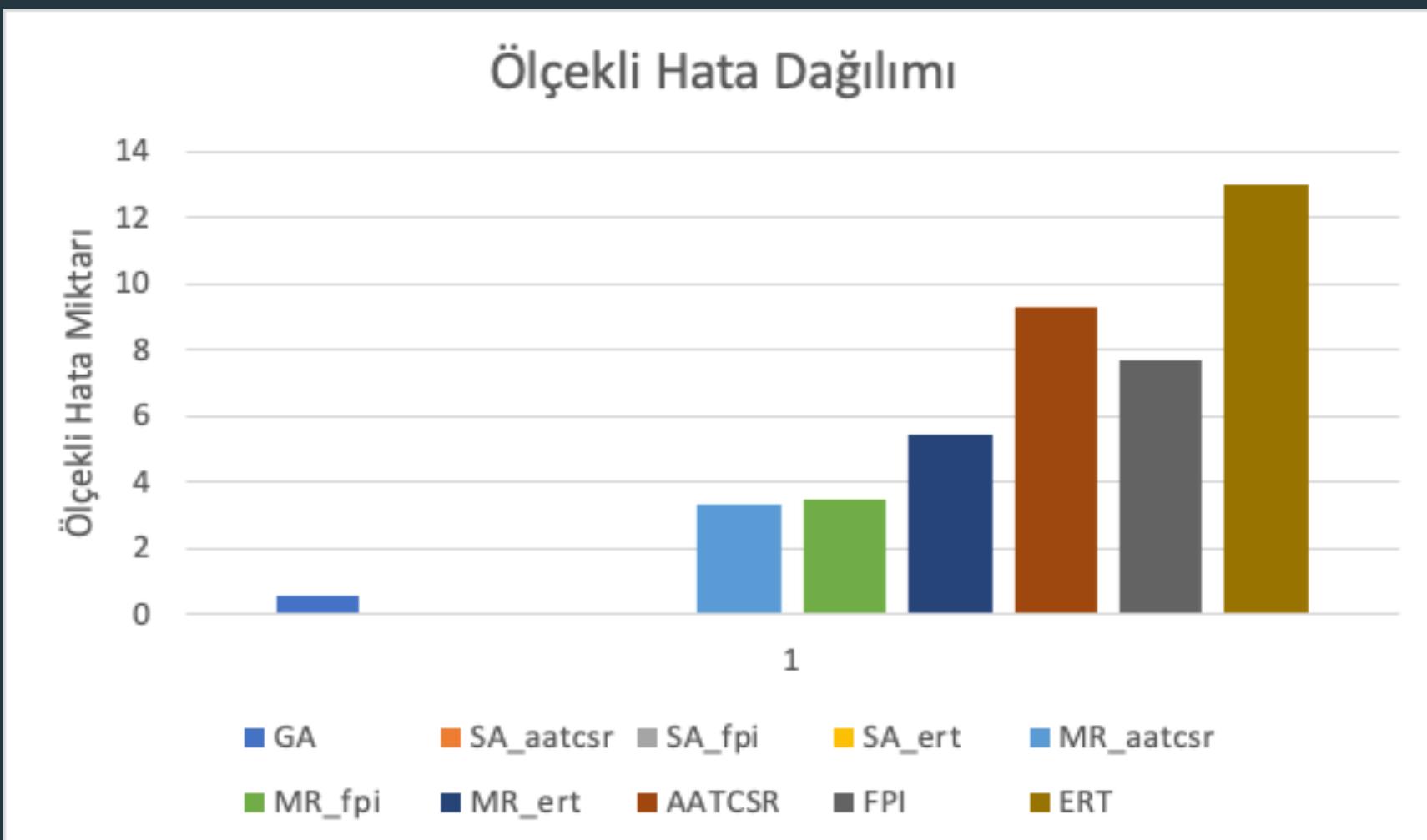


META-RAPS DENEY SONUÇLAR

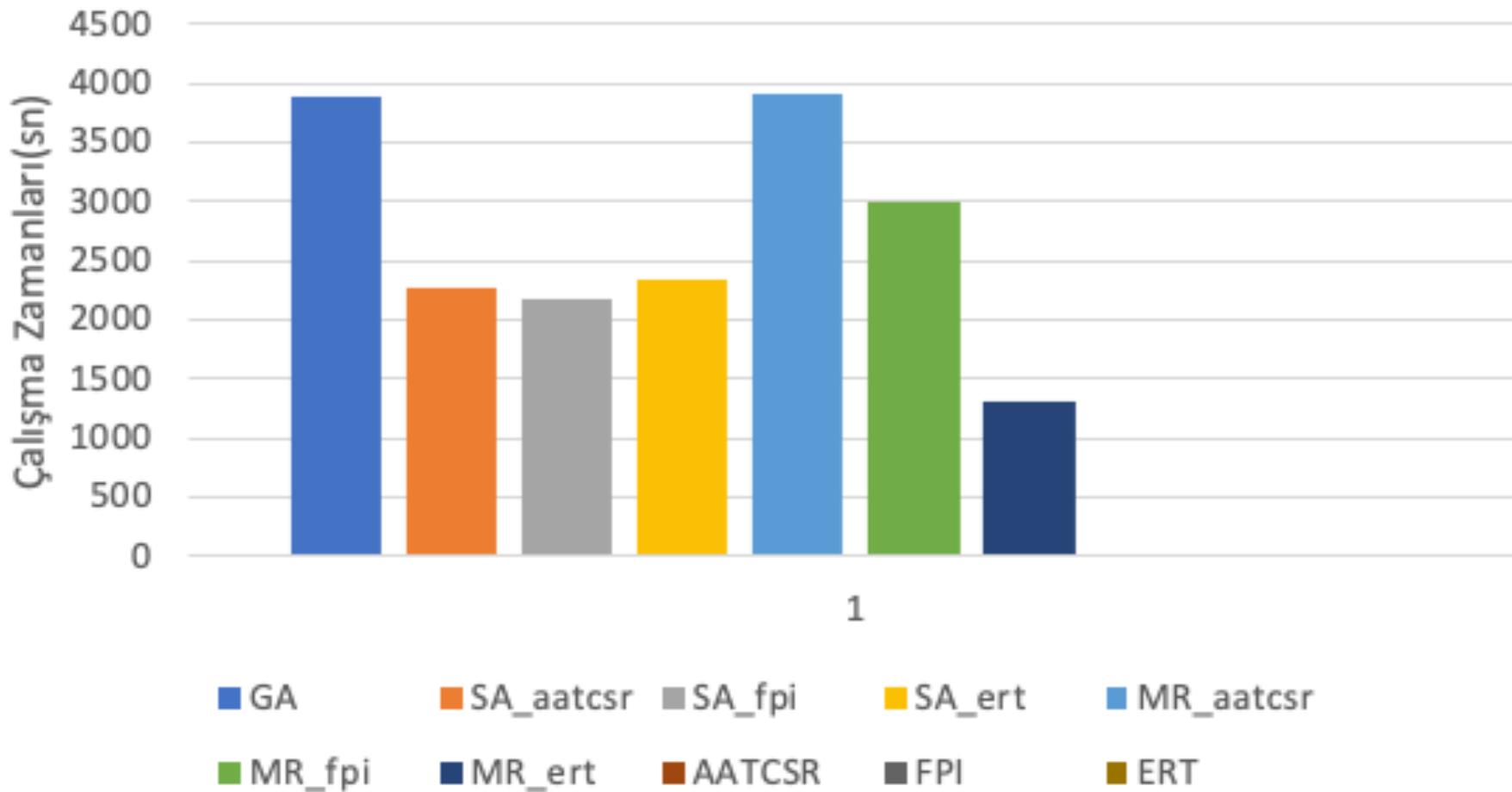
- Sapma sınırı: 0.2
- İterasyon sayısı: 5000

HİPER PARAMETRELERİ OPTİMİZE EDİLMİŞ ALGORİTMALARIN TÜM VERİ KÜMESİNDE DENENMESİ

	GA	SA_aatcsr	SA_fpi	SA_ert	MR_aatcsr	MR_fpi	MR_ert	AATCSR	FPI	ERT
Ölçekli Hata	0,566041	0,013773	0,014731	0,014431	3,36515298	3,452421	5,458556	9,302506	7,668949	13,02209
Çalışma Zamani(sn)	3882	2277	2177	2328	3918	3003	1314	2	2	2

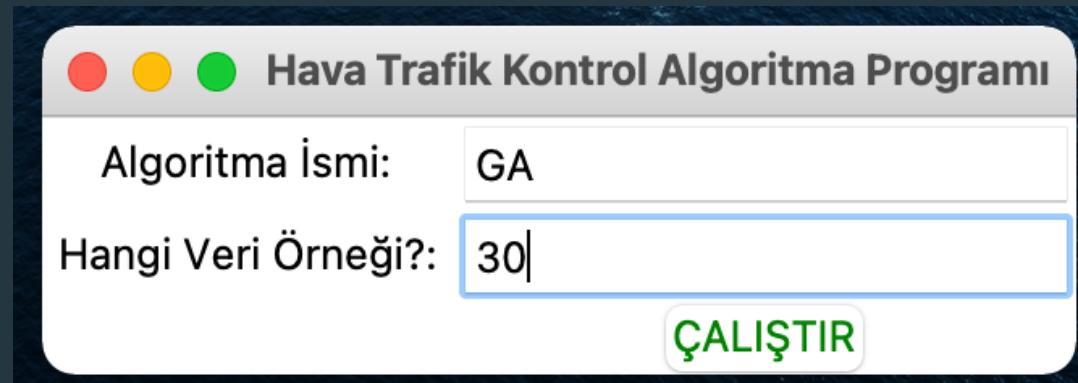


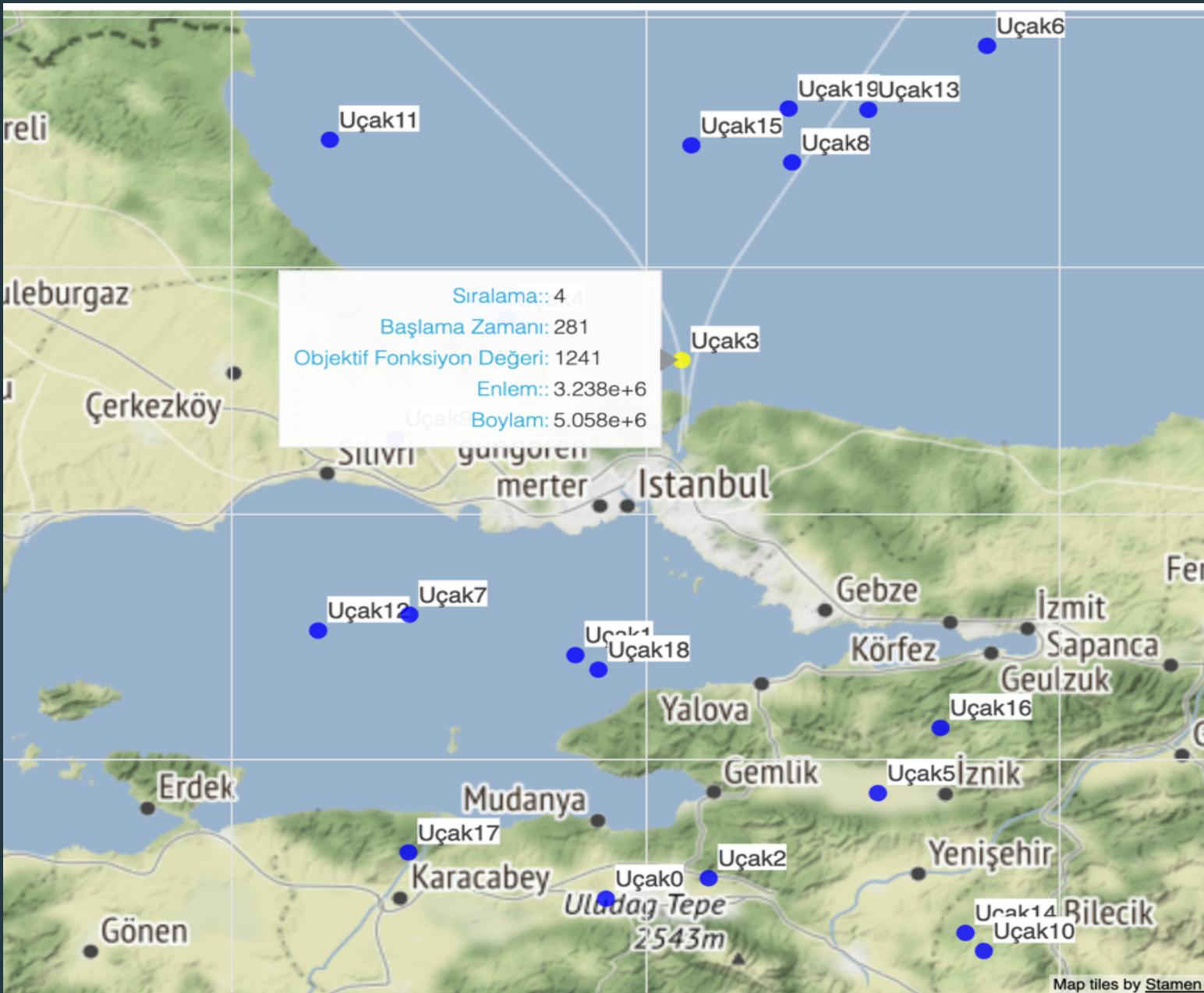
Çalışma Zamanları Dağılımı



GUI VE WEB SUNUCUSU

Algoritmaları veri örneklerine göre çalıştırılmak ve biraz görselleştirmek amacıyla python'un tkinter ve bokeh eklentileri kullanılarak bir GUI ve web sunucusu yazıldı. GUI' de iki parametre alan kısımlar vardı. İlk parametre algoritma ismi ikinci parametre ise hangi veri örneğini çalıştıracağıydı.





KAYNAKLAR

- Gulsah Hancerliogullari , Ghaith Rabadi, Ameer H. Al-Salem, Mohamed Kharbeche(2013). Greedy algorithms and metaheuristics for a multiple runway combined arrival-departure aircraft sequencing problem, *Journal of Air Transport Management Volume 32*, Eylül 2013, Sayfa 39-48
- Gillian Clare, Arthur Richards(2011). Optimization of Taxiway Routing and Runway Scheduling, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems · Aralık 2011*
- Chris N. Potts and Mohammad Mesgarpour , Julia A. Bennell(2009). A Review Of Airport Runway Optimization, *University of Southampton, School of Mathematics, Doktora Tezi*
- Prof.Dr. Fatih Erdoğan Sevilgen(2020). Optimization(CSE424), *Ders sunumları*