



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



DOKTORA TEZİ

**STOKASTİK TALEPLİ SÜREKLİ ÇOKLU TESİS YERİ SEÇİM
PROBLEMİ İÇİN BULANIK ÖBEKLEME TABANLI BİR MODEL**

Engin BAYTÜRK

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Şakir ESNAF**

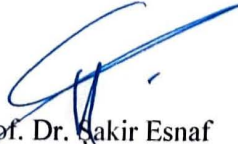
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2020

Bu çalışma 20.02.2020 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliğı Programı Doktora Tezi olarak
kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ



Prof. Dr. Sakir Esnaf
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. Şükrü Alp Baray
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. Selim Zaim
İstanbul Şehir Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi



Doç. Dr. Numan Çelebi
Sakarya Üniversitesi
Bilgisayar ve Biliřim Bilimleri Fakültesi



Doç. Dr. Tarık Küçükdeniz
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Doktora çalışmalarımda birlikte çalıştığımız, bilgi, deneyim ve tecrübelerini benimle paylaşan ve bana her zaman yol gösteren İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü üyesi danışman hocam Sayın Prof.Dr. Şakir ESNAF'a, akademik alanda çalışmalarım sırasında beni motive eden ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr. Ufuk KULA ve Doç. Dr. Rıfat Gürcan ÖZDEMİR'e teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca tez çalışmamın uygulama bölümünde, MATLAB programında algoritmaların kodlanmasında, yardımlarını esirgemeyen İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü üyesi Sayın Doç. Dr. Tarık KÜÇÜKDENİZ'e ve bölüm çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, tüm akademi hayatım boyunca her zaman desteklerini arkamda hissettiğim babam Nuh BAYTÜRK'e, annem Şennur BAYTÜRK'e ve abim Onur BAYTÜRK'e hem maddi hem manevi olarak bu yolda benimle oldukları ve bana güvendikleri için teşekkür ederim.

Şubat 2020

Engin BAYTÜRK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ.....	xiii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. TESİS YERİ SEÇİMİ PROBLEMİNİN SINIFLANDIRMASI.....	3
2.1.1. Sıralama Yöntemleri.....	4
2.1.2. Kesikli Tesis Yeri Seçimi Yöntemleri.....	5
2.1.2.1. Tek Tesisli Yöntemler	5
2.1.2.2. Çok Tesisli Yöntemler	5
2.1.3. Sürekli Tesis Yeri Seçimi Yöntemleri.....	5
2.1.3.1. Weber Problemi (WP).....	5
2.1.3.2. Çok Tesisli Weber Problemi (ÇTWP).....	6
2.1.3.3. Stokastik Çok Tesisli Weber Problemi (Stokastik ÇTWP).....	7
2.2. LİTERATÜR TARAMASI.....	8
2.2.1. Tesis Yeri Seçimi Problemi Alanında Yapılan Çalışmalar	8
2.2.1.1. Tesis Yeri Seçimi Problemi Alanında Yapılan Çalışmaların Genel Literatür Taraması.....	8
2.2.1.2. Tesis Yeri Seçimi Problemi Alanında Stokastik Müşteri Taleplerinin veya Konumlarının Olduğu Çalışmalar	9
2.2.2. Bulanık Öbekleme Alanında Yapılan Çalışmalar	10
2.2.3. Baz İstasyonu Seçimi Problemi Alanında Yapılan Çalışmalar	11
2.3. STOKASTİK TESİS YERİ SEÇİMİ	13
2.4. NELDER-MEAD YÖNTEMİ	15
2.5. TESİS YERİ SEÇİMİ PROBLEMİNDE KULLANILAN BULANIK ÖBEKLEME MODELLERİ	19

2.5.1. Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (BCO)	19
2.5.2. Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (RABCO).....	20
2.5.3. Gravite Merkezi Yöntemi (GM).....	21
2.5.3.1. <i>Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi (BCO-GM)</i>	22
2.5.3.2. <i>Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi (RABCO-GM)</i>	23
2.5.4. Nelder-Mead Yöntemi.....	24
2.5.4.1. <i>Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi (BCO-NM)</i>	25
2.5.4.2. <i>Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi (RABCO-NM)</i>	25
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	26
3.1. STOKASTİK TALEP VE KONUMLARIN MATEMATİKSEL GÖSTERİMİ	26
3.1.1. Olasılıklı ve Stokastik Yöntemlerde Uzaklığın Belirlenmesi	26
3.1.2. Olasılıklı Yöntemlerde Taleplerin Hesaplanması	27
3.1.3. Açıklayıcı Örnek	28
3.1.3.1. <i>Olasılıklı Yöntemler İçin Açıklayıcı Örneğin Gösterimi</i>	30
3.1.3.2. <i>Stokastik Yöntemler İçin Açıklayıcı Örneğin Gösterimi</i>	33
3.2. ÖNERİLEN OLASILIKLI YÖNTEMLER.....	35
3.2.1 Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (OBCO).....	35
3.2.2. Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (ORABCO)	36
3.2.3. Olasılıklı Gravite Merkezi Yöntemi (OGM).....	37
3.2.4. Olasılıklı Nelder-Mead Yöntemi (ONM).....	38
3.2.5. Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi (OBCO-GM) ve Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi (OBCO-NM)	39
3.2.6. Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi (ORABCO-GM) ve Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi (ORABCO-NM)	40
3.2.7. Önerilen Olasılıklı Yöntemlerin Akış Diagramı	41
3.3. ÖNERİLEN STOKASTİK YÖNTEMLER.....	42
3.3.1. Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (SBCO)	42
3.3.2. Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (SRABCO).....	43
3.3.3. Stokastik Gravite Merkezi ve Nelder-Mead Yöntemleri.....	44
3.3.4. Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi (SBCO-GM) ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder Mead (SBCO-NM) Algoritmaları	44
3.3.5. Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi (SRABCO-GM) ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder Mead (SRABCO-NM) Algoritmaları	45

3.3.6. Önerilen Stokastik Yöntemlerin Akış Diagramı	46
4. BULGULAR.....	47
4.1. KÜÇÜK ÖLÇEKLI VERİ KÜMESİ ÖRNEĞİ (1. VERİ KÜMESİ) İÇİN ELDE EDİLEN SONUÇLAR.....	54
4.1.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları	54
4.1.1.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları	54
4.1.1.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları	56
4.1.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları	57
4.1.2.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları.....	57
4.1.2.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları.....	59
4.1.3. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları	60
4.1.3.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları.....	60
4.1.3.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları.....	62
4.1.4. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları	63
4.1.4.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları	63
4.1.4.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları	65
4.1.5. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları	66
4.1.5.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları	66
4.1.5.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları	68
4.1.6. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları	69
4.1.6.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları	69
4.1.6.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları	71

4.1.7. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) İçin Sonuçların Karşılaştırılması.....	72
4.7.1.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) İçin Olasılıklı Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması	72
4.7.1.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) İçin Stokastik Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması	73
4.2. ORTA ÖLÇEKLİ VERİ KÜMESİ ÖRNEĞİ (8. VERİ KÜMESİ) İÇİN ELDE EDİLEN SONUÇLAR	74
4.2.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları	75
4.2.1.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları.....	75
4.2.1.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları.....	79
4.2.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları	82
4.2.2.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları	83
4.2.2.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları	86
4.2.3. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları	90
4.2.3.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları	90
4.2.3.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları	94
4.2.4. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları	97
4.2.4.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları	98
4.2.4.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları.....	101
4.2.5. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları	105
4.2.5.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları.....	105
4.2.5.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları.....	109
4.2.6. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Verit Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları	112

4.2.6.1.	<i>Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları</i>	113
4.2.6.2.	<i>Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları</i>	116
4.2.7.	<i>Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Sonuçların Karşılaştırması</i>	120
4.7.1.1.	<i>Orta Ölçekli Veri Kümesi Örneği (8.Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması</i>	120
4.7.1.2.	<i>Orta Ölçekli Veri Kümesi Örneği (8.Veri Kümesi) İçin Stokastik Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması</i>	121
4.3.	BÜYÜK ÖLÇEKLİ VERİ KÜMESİ ÖRNEĞİ (14. VERİ KÜMESİ) İÇİN ELDE EDİLEN SONUÇLAR	122
4.3.1.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları</i>	122
4.3.1.1.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları</i>	123
4.3.1.2.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları</i>	124
4.3.2.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları</i>	125
4.3.2.1.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları</i>	125
4.3.2.2.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları</i>	126
4.3.3.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları</i>	127
4.3.3.1.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları</i>	128
4.3.3.2.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları</i>	129
4.3.4.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları</i>	130
4.3.4.1.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları</i>	131
4.3.4.2.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları</i>	132
4.3.5.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları</i>	133
4.3.5.1.	<i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları</i>	133

4.3.5.2. <i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları</i>	134
4.3.6. <i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları</i>	136
4.3.6.1. <i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları</i>	136
4.3.6.2. <i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları</i>	137
4.3.7. <i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Sonuçların Karşılaştırması</i>	138
4.3.7.1. <i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırması</i>	139
4.3.7.2. <i>Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırması</i>	139
4.4. ÖNERİLEN YÖNTEMLERİN TÜM VERİ KÜMELERİNDEKİ UYGULAMA SONUÇLARI	140
4.4.1. <i>Önerilen Olasılıklı Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden Toplam Ulaştırma Maliyeti Karşılaştırması</i>	140
4.4.2. <i>Önerilen Stokastik Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden Toplam Ulaştırma Maliyeti Karşılaştırması</i>	141
4.4.3. <i>Önerilen Olasılıklı Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden Toplam Ulaştırma Maliyetlerinin Oransal Karşılaştırması</i>	143
4.4.4. <i>Önerilen Stokastik Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden Toplam Ulaştırma Maliyetlerinin Oransal Karşılaştırması</i>	147
4.4.5. <i>Önerilen Olasılıklı Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden İşlem Sürelerinin Karşılaştırması</i>	149
4.4.6. <i>Önerilen Stokastik Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden İşlem Sürelerinin Karşılaştırması</i>	152
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	154
KAYNAKLAR	157
EKLER	162
EK 1. OLASILIK DAĞILIM TESTLERİ	162
EK 2. STANDART NORMAL DAĞILIM TABLOSU	169
ÖZGEÇMİŞ	171

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Tesis yeri seçimi problemi sınıflandırması (Tunçbilek, 2018).	4
Şekil 2.2: Yansıma adımı (Mathews ve Fink, 2004).	17
Şekil 2.3: Genişleme adımı (Mathews ve Fink, 2004).	18
Şekil 2.4: Büzülme adımı (Mathews ve Fink, 2004).	18
Şekil 2.5: Daralma adımı (Mathews ve Fink, 2004).	19
Şekil 3.1: Orijin etrafında değişken koordinatlara sahip noktalar örneği. (Johnson ve Wichern, 2007)	26
Şekil 3.2: Talep ve mesafe hesaplaması örneği.	28
Şekil 3.3: Önerilen tüm olasılıklı yöntemlerin akış diagramı.	41
Şekil 3.4: Önerilen tüm stokastik yöntemlerin akış diagramı.	46
Şekil 4.1: 1. müşterinin talep değerlerinin Türkiye haritası üzerinde uzaktan gösterimi.	47
Şekil 4.2: 1. müşterinin talep noktalarının Türkiye haritası üzerinde detaylı gösterimi.	48
Şekil 4.3: 1. Müşterinin x koordinatının dağılım testi.	51
Şekil 4.4: Müşteri koordinatlarının ortalamalarının harita üzerinde gösterimi.	52
Şekil 4.5: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	55
Şekil 4.6: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	55
Şekil 4.7: Stokastik bulanık c-ortalamalar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	56
Şekil 4.8: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	58
Şekil 4.9: Stokastik bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	58

Şekil 4.10: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	59
Şekil 4.11: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	61
Şekil 4.12: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.....	61
Şekil 4.13: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	62
Şekil 4.14: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	64
Şekil 4.15: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	64
Şekil 4.16: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	65
Şekil 4.17: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	67
Şekil 4.18: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.....	67
Şekil 4.19: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	68
Şekil 4.20: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.....	70
Şekil 4.21: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	70
Şekil 4.22: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.....	71
Şekil 4.23: Orta ölçekli veri kümesi örneği (8. Veri kümesi) için Müşteri koordinatlarının ortalamlarının harita üzerinde gösterimi.....	74
Şekil 4.24: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.....	78
Şekil 4.25: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.....	78

Şekil 4.26: Stokastik bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	82
Şekil 4.27: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	85
Şekil 4.28: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.....	86
Şekil 4.29: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	89
Şekil 4.30: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.....	93
Şekil 4.31: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	93
Şekil 4.32: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.....	97
Şekil 4.33: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	100
Şekil 4.34: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	101
Şekil 4.35: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	104
Şekil 4.36: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.....	108
Şekil 4.37: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	108
Şekil 4.38: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.....	112
Şekil 4.39: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	115
Şekil 4.40: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	116

Şekil 4.41: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	119
Şekil 4.42: Büyük ölçekli veri kümesi örneği (14. Veri kümesi) için Müşteri koordinatlarının ortalamlarının harita üzerinde gösterimi.	122
Şekil 4.43: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	123
Şekil 4.44: Olasılıklı bulanık bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	123
Şekil 4.45: Stokastik bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	124
Şekil 4.46: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	125
Şekil 4.47: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	126
Şekil 4.48: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	127
Şekil 4.49: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	128
Şekil 4.50: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	129
Şekil 4.51: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	130
Şekil 4.52: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	131
Şekil 4.53: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık bulanık c-ortalamlar ve ağırlık merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	131
Şekil 4.54: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	132
Şekil 4.55: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	133
Şekil 4.56: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	134

Şekil 4.57: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	135
Şekil 4.58: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	136
Şekil 4.59: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.	137
Şekil 4.60: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.	138



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Açıklayıcı örnekteki 1. Müşterinin 7 günlük konum ve talep değerleri.....	29
Tablo 3.2: Açıklayıcı örnekteki talep ve konum parametre değerleri.	30
Tablo 3.3: Açıklayıcı örnekteki tesis yerlerinin koordinatları.....	30
Tablo 3.4: Açıklayıcı örnekteki müşteriler ve tesisler arasındaki olasılıklı uzaklık sonuçları.	30
Tablo 3.5: Talep ve mesafe hesaplama örneğindeki olasılıklı ağırlıkların hesaplanması.	32
Tablo 3.6: Açıklayıcı örnekteki müşterilerin rastgele üretilen talep değerleri.	34
Tablo 3.7: Açıklayıcı örnekteki müşteriler ve tesisler arasındaki stokastik uzaklık sonuçları.	35
Tablo 4.1: 1. Müşteriye ait koordinat ve talep değerleri.....	48
Tablo 4.2: Müşteri koordinat noktaları ve gerçekleşen talep değerleri örnek verisi.	52
Tablo 4.3: Veri kümelerinin büyüklükleri (Hathaway ve Bezdek, 2006).	53
Tablo 4.4: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	54
Tablo 4.5: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	56
Tablo 4.6: Stokastik bulanık c-ortalamalar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	56
Tablo 4.7: Stokastik bulanık c-ortalamalar yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	57
Tablo 4.8: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	57
Tablo 4.9: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	59
Tablo 4.10: Stokastik bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	59

Tablo 4.11: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	60
Tablo 4.12: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	60
Tablo 4.13: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	62
Tablo 4.14: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	62
Tablo 4.15: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	63
Tablo 4.16: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	63
Tablo 4.17: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	64
Tablo 4.18: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	65
Tablo 4.19: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	66
Tablo 4.20: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	66
Tablo 4.21: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	68
Tablo 4.22: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	68
Tablo 4.23: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	69
Tablo 4.24: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	69
Tablo 4.25: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	71
Tablo 4.26: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	71
Tablo 4.27: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	72

Tablo 4.28: Tüm olasılıklı yöntemlerin küçük ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.....	72
Tablo 4.29: Tüm olasılıklı yöntemlerin küçük ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması. (Saniye)	73
Tablo 4.30: Tüm stokastik yöntemlerin küçük ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.....	73
Tablo 4.31: Tüm stokastik yöntemlerin küçük ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması. (Saniye)	74
Tablo 4.32: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	75
Tablo 4.33: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	79
Tablo 4.34: Stokastik bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	79
Tablo 4.35: Stokastik bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	82
Tablo 4.36: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.....	83
Tablo 4.37: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	86
Tablo 4.38: Stokastik bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.....	87
Tablo 4.39: Stokastik bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	90
Tablo 4.40: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	90
Tablo 4.41: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	94
Tablo 4.42: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	94
Tablo 4.43: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	97
Tablo 4.44: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	98

Tablo 4.45: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	101
Tablo 4.46: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	102
Tablo 4.47: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	105
Tablo 4.48: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	105
Tablo 4.49: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	109
Tablo 4.50: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	109
Tablo 4.51: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	112
Tablo 4.52: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	113
Tablo 4.53: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	116
Tablo 4.54: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.	117
Tablo 4.55: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	120
Tablo 4.56: Tüm olasılıklı yöntemlerin orta ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.	120
Tablo 4.57: Tüm olasılıklı yöntemlerin orta ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması.	121
Tablo 4.58: Tüm stokastik yöntemlerin orta ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.	121
Tablo 4.59: Tüm stokastik yöntemlerin orta ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması.	121
Tablo 4.60: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	124
Tablo 4.61: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	125

Tablo 4.62: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	126
Tablo 4.63: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	127
Tablo 4.64: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	129
Tablo 4.65: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	130
Tablo 4.66: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	132
Tablo 4.67: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	133
Tablo 4.68: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	134
Tablo 4.69: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	135
Tablo 4.70: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	137
Tablo 4.71: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.	138
Tablo 4.72: Tüm olasılıklı yöntemlerin büyük ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.	139
Tablo 4.73: Tüm olasılıklı yöntemlerin büyük ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması.	139
Tablo 4.74: Tüm stokastik yöntemlerin büyük ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.	139
Tablo 4.75: Tüm stokastik yöntemlerin büyük ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması.	140
Tablo 4.76: Önerilen olasılıklı yöntemlerin tüm veri kümeleri üzerinden toplam ulaştırma maliyetleri.	141
Tablo 4.77: Önerilen stokastik yöntemlerin tüm veri kümeleri üzerinden toplam ulaştırma maliyetleri.	142
Tablo 4.78: ORABCO-NM yönteminin OBCO-NM ve ORABCO-GM yöntemleri ile toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.	143

Tablo 4.79: OBCO-NM yönteminin ORABCO-GM ve ORABCO-NM yöntemleri ile toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.....	144
Tablo 4.80: ORABCO-GM yönteminin OBCO-NM ve ORABCO-NM yöntemleri ile toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.....	145
Tablo 4.81: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin önerilen diğer yöntemler ile tüm veri kümeleri üzerinden elde edilen toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.....	146
Tablo 4.82: SRABCO-NM yönteminin SBCO-NM yöntemi ile toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.....	147
Tablo 4.83: SBCO-NM yönteminin SRABCO-NM yöntemi ile toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.....	148
Tablo 4.84: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin önerilen diğer yöntemler ile tüm veri kümeleri üzerinden elde edilen toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.....	149
Tablo 4.85: Önerilen olasılıklı yöntemlerin tüm veri kümeleri üzerinden işlem sürelerinin karşılaştırması. (Saniye)	150
Tablo 4.86: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin önerilen diğer yöntemler ile tüm veri kümeleri üzerinden işlem sürelerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırılması	151
Tablo 4.87: Önerilen stokastik yöntemlerin tüm veri kümeleri üzerinden işlem sürelerinin karşılaştırması. (Saniye)	152

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
c	: öbek sayısı
c_j	: öbek merkezi j 'nin koordinatları
$D(a_i, c_j)$	: Müşteri i ile tesis j arasındaki Öklid metriği
n	: müşteri sayısı
m	: Ağırlıklandırma üssü
a^k	: öbeklenecek verinin koordinatları
p	: olasılık fonksiyonu
w_k	: veri noktası k 'ya verilecek önem derecesi
u_{ik}	: partisyon matrisi
T	: talep noktası k 'nın talep üst sınırı
$\ a^k - v_i\ $	: talep noktası k ile tesis i arasındaki öklid metriği
$\bar{x}_{1k}$	: k müşterisinin x koordinatındaki konumunun ortalaması
$\bar{x}_{2k}$	: k müşterisinin y koordinatındaki konumunun ortalaması
s_{1k}	: k müşterisinin x koordinatındaki varyansı
s_{2k}	: k müşterisinin y koordinatındaki varyansı
α	: yansıma katsayısı
β	: genişleme katsayısı
γ	: büzülme katsayısı
δ	: daralma katsayısı
x_r	: yansıma noktası
x_e	: genişleme noktası
x_{oc}	: dışa büzülme noktası
x_{ic}	: içe büzülme noktası
x_i	: daralma noktası
μ_{ik}	:Partisyon Matrisi
$\bar{X}$	:Öbek merkezi x koordinat noktası
$\bar{Y}$	:Öbek merkezi y koordinat noktası
$\bar{x}_{1k}$	: k müşterisinin x koordinatındaki konumunun ortalaması

$\bar{x}_{2k}$	: k müşterisinin y koordinatındaki konumunun ortalaması
$\bar{X}_k$	: k müşterisinin x koordinatındaki konumunun ortalaması
$\bar{Y}_k$	: k müşterisinin y koordinatındaki konumunun ortalaması
s_{1k}	: k müşterisinin x koordinatındaki varyansı
s_{2k}	: k müşterisinin y koordinatındaki varyansı
w_i	: i müşterisinin talebi

Kısaltmalar

Açıklama

BCO	: Bulanık C-Ortalamalar
BCO-GM	: Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi
BCO-NM	: Bulanık C-Ortalamalar ve Nelder-Mead
ÇTWP	: Çok Tesisli Weber Problemi
OBCO	: Olasılıklı Bulanık C-Ortalamalar
OBCO-GM	: Olasılıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi
OBCO-NM	: Olasılıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Nelder-Mead
ORABCO	: Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar
ORABCO-GM	: Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi
ORABCO-NM	: Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Nelder-Mead
NM	: Nelder-Mead
RABCO	: Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar
RABCO-GM	: Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi
RABCO-NM	: Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Nelder-Mead
SBCO	: Stokastik Bulanık C-Ortalamalar
SBCO-GM	: Stokastik Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi
SBCO-NM	: Stokastik Bulanık C-Ortalamalar ve Nelder-Mead
SRABCO	: Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar
SRABCO-GM	: Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi
SRABCO-NM	: Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Nelder-Mead
SÇTWP	: Stokastik Çok Tesisli Weber Problemi
WP	: Weber Problemi

ÖZET

DOKTORA TEZİ

STOKASTİK TALEPLİ SÜREKLİ ÇOKLU TESİS YERİ SEÇİM PROBLEMİ İÇİN BULANIK ÖBEKLEME TABANLI BİR MODEL

Engin BAYTÜRK

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Şakir ESNAF

Tesis yeri seçiminin doğru yapılması, etkisi yıllara yayılan yatırım kararlarında dikkate alınan maliyet öngörülerinin daha az sapma ile gerçekleşmesini sağlayan en stratejik kararlardan biridir. Aynı zamanda, tedarikçilerden tesislere ve tesislerden müşterilere ulaştırılan taleplerin istenilen zamanda teslim edilmesi bu kararlardan doğrudan etkilenmektedir.

Süreklili çoklu tesis yeri seçim probleminin incelendiği bu tez çalışmasında, büyük veri içeren stokastik talep ve müşteri konumlarının bulunduğu probleme çözüm önerisinde bulunmaktadır. Literatürde var olan Revize Bulanık C-Ortalamlar başta olmak üzere altı farklı bulanık öbeikleme algoritması, stokastik talep ve müşteri konumlarına göre güncellenerek ve değişken koordinat değerlerine göre hesaplanan öklid uzaklığını dikkate alarak, ele alınan probleme çözüm öneren yeni yaklaşımlar geliştirilmektedir. Bu bağlamda, büyük verinin, stokastik müşteri taleplerinin ve konumlarının bulunduğu probleme çözüm önerisinde bulunan bu tez çalışması, literatüre yeni bir yaklaşım kazandırmaktadır.

Tez çalışmasının uygulamasında, veri kümeleri büyüklüklerine göre; küçük ölçekli, orta ölçekli ve büyük ölçekli veri kümeleri olarak incelenmiş ve toplam onaltı farklı veri kümesinde otuz üç farklı deneme yapılarak sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre en iyi toplam ulaştırma maliyeti, Nelder-Mead yönteminin kullanıldığı hibrit yöntemler ile bulunmuştur. En hızlı işlem süresine sahip yöntemin stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi olduğu görülmüştür.

Tez çalışmasının sonunda yapılacak olan yeni çalışmalarla ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Şubat 2020, 196 sayfa.

Anahtar kelimeler: Stokastik Talep ve Konum, Bulanık C-Ortalamlar, Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar, Gravite Merkezi, Nelder-Mead, Çok Tesisli Tesis Yeri Seçimi Problemi



SUMMARY

Ph.D. THESIS

A FUZZY CLUSTERING BASED MODEL FOR CONTINUOUS MULTIPLE FACILITY LOCATION PROBLEM WITH STOCHASTIC DEMAND

Engin BAYTÜRK

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Industrial Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Şakir ESNAF

Selection of correct plan location is one of the most strategic decisions that enables the cost estimates to be realized with less deviation to be taken into consideration in the investment decisions whose effect is spread over years. At the same time, these decisions are directly affected by the delivery of requests from suppliers to the facilities and from the facilities to the customers at the desired time.

In this thesis, where multiple plant location selection problem is examined, a solution is proposed to the problem with stochastic demand and customer locations which contains big data. Six different fuzzy clustering methods in the literature, mainly Revised Weighted Fuzzy C-Means are updated according to stochastic demand, customer positions and Euclidean distance that is calculated according to variable customer coordinates, new approaches are proposed to solve the problem. In this context, this thesis, which proposes solutions to the problem with big data, stochastic customer demands and locations, gives a new approach to the literature.

In the application of the thesis, the data sets are categorised as; small-scale, medium-scale and large-scale data sets and a total of sixteen different data sets were performed with thirty tree different experiments.

According to the results, the best total transportation cost was found by hybrid methods using Nelder-Mead method. The method with the fastest processing time was found to be stochastic revised weighted fuzzy c-means method.

At the end of the thesis, suggestions were made for new studies.

February 2020, 196 pages.

Keywords: Stochastic Demand and Position, Fuzzy C-Means, Weighted Fuzzy C-Means, Center of Gravity, Nelder-Mead, Multifacility Location Problem



1. GİRİŞ

Tesis yeri seçimi bir şirket için stratejik kararlardan biridir. Doğru tesis yeri seçimi etkisi yıllara yayılan yatırım kararlarında dikkate alınan maliyet öngörülerinin daha az sapma ile gerçekleşmesini sağlayacaktır.

Maliyetlerin yanı sıra tedarikçilerden tesislere ve tesislerden müşterilere ulaştırılan taleplerin istenilen zamanda teslim edilmesinin bu kararlardan doğrudan etkileneceği açıktır. Yukarıda özetlenen önemli rolünden dolayı tesis yeri seçimi problemi üzerinde en çok çalışılan konulardan biridir. Bu sebeple, bu konuda literatürde birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Günlük hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelen internet büyük verinin işlenmesini ve analizini gün ve gün zorunlu hale getirmektedir.

Bu tez çalışmasında stokastik talep ve müşteri konumu koşulları altında büyük veri içeren sürekli çoklu tesis yeri seçim problemi ele alınmaktadır. Büyük verili tesis yeri seçimi problemine yerel arama, yasak arama, genetik algoritmalar, öz örgütlemeli haritalar, parçacık sürü optimizasyonu gibi sezgisel ve metasezgisel algoritmalarının yanı sıra bulanık modelleme ve öbekleme algoritmaları ile çözüm üreten çalışmalara da son yıllarda daha sık rastlanmaktadır. Bulanık modelleme ve öbekleme ile sürekli çok tesisli yer seçimi yapan çalışmalarda genellikle talebin deterministik bir yapıda olduğu varsayılmaktadır.

Bu kapsamda, büyük veri, stokastik talep ve konum bilgisi içeren sürekli ve çoklu tesis yeri seçim problemi literatürde gelişmeye açık olan bir konudur. Tez çalışması sonucunda literatürde var olan altı farklı bulanık öbekleme yöntemi güncellenerek stokastik talep ve konum içermekte olan probleme çözüm öneren yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin tamamında literatürdekinden farklı olarak tesisler ile değişken koordinat değerlerine sahip talep noktaları arasındaki uzaklık için yeni bir Öklid uzaklık formülü kullanılmıştır. Literatüre yeni bir yaklaşım sunan bulanık c-ortalamalar tabanlı altı farklı yöntem aynı koşullar altında karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmasında stokastik talepleri dikkate alarak sürekli yapıdaki başka bir deyişle düzlem üzerinde yer alan müşterilere hizmet veren yine düzlem üzerindeki çoklu tesis yerlerinin optimum veya optimuma en yakın şekilde yerlerini belirleyen farklı yaklaşımlar üzerinde çalışılmıştır. Burada hem müşterilerin konumları hem de talepleri stokastik yapıdadır.

Çözüm aşamasında, büyük veri içeren problemde stokastik talep dağılımlarının belirlenmesi sağlanmakta ve bu sonuçlar ile MATLAB paket programı üzerinde stokastik konumların bulunduğu bulanık öbekleme tabanlı altı farklı model geliştirilerek çoklu tesis yerleri stokastik talep altında belirlenmektedir. Kurulan yeni modeller aynı toplam ulaştırma maliyeti ile karşılaştırılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

Tez çalışması, stokastik müşteri talepleri ve konumlarının olduğu problemde, değişken koordinat değerlerine göre Öklid uzaklığının hesaplandığı, büyük veri analizi içeren, BCO, BCO-GM, RABCO-GM, RABCO-NM'nin ilk kez stokastik çoklu tesis yeri problemine uygulandığı bir çalışma olması açısından literatüre yeni bir yaklaşım kazandırmaktadır.

İkinci bölümde çalışmanın kavramsal yapısına dair bilgiler sunulmaktadır. Bu bölümde ilgili uygulamaların literatür çalışmaları ve bulanık öbekleme yöntemlerinin tesis yeri seçimindeki uygulamaları tartışılmaktadır.

Üçüncü bölüm malzeme ve yöntem bölümüdür. Stokastik yapıdaki talep ve müşteri konumlarının bulanık öbekleme yöntemlerine göre düzenlenmiş algoritmalarının matematiksel modelleri sunulmaktadır.

Tez çalışmasının uygulaması dördüncü bölümde verilmektedir. Türkiye'de faaliyet gösteren mobil operatör firmasından alınan veriler, malzeme ve yöntem bölümünde önerilen algoritmalara uygulanmakta ve sonuçlar paylaşılmaktadır.

Çalışmanın son bölümünde ise elde edilen bulgular tartışılmakta ve gelecekte yapılacak çalışmalarla ilgili önerilerde bulunmaktadır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. TESİS YERİ SEÇİMİ PROBLEMİNİN SINIFLANDIRMASI

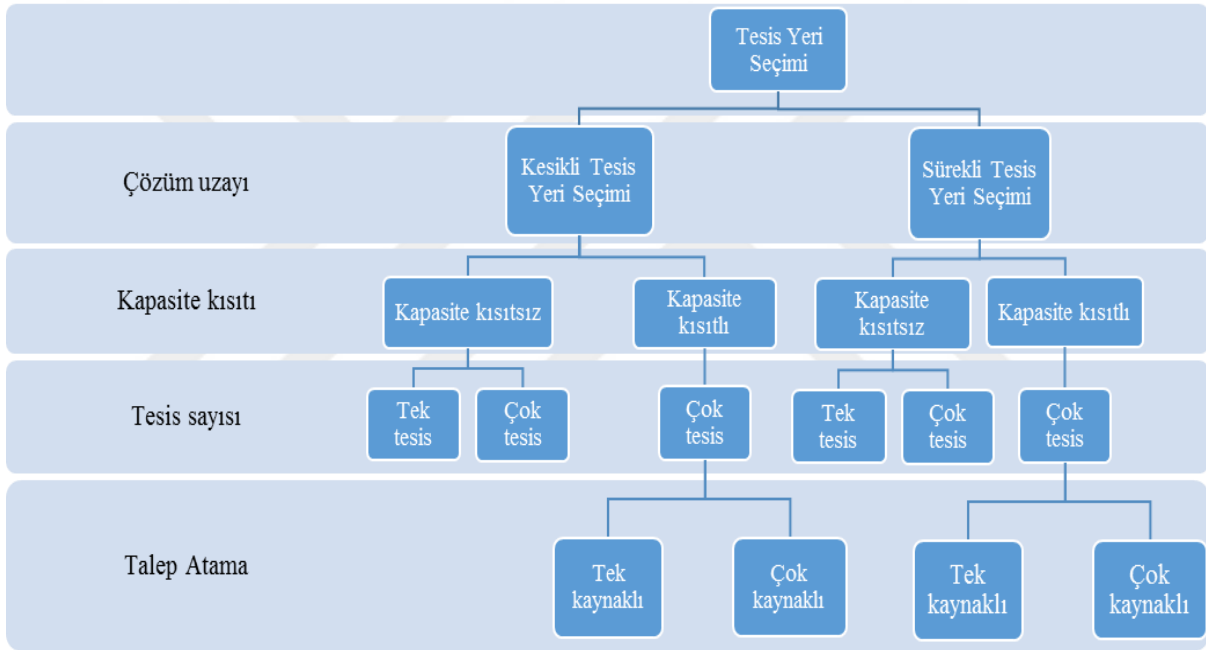
Tesis yeri seçim problemlerinin literatürde farklı açılardan birçok sınıflandırmaya tabi tutulduğu görülmektedir. Daskin (1995) tarafından yapılan geniş bir sınıflandırma aşağıda verilmiştir (Daskin, 1995: 10-18);

1. Düzlem (sürekli), ağ veya ayırık yapıda olmasına göre
2. Ağaç problemi ya da genel grafik yapısında olmasına göre
3. Uzaklık ölçüsüne göre
4. Yerleştirilecek tesis sayısına göre (çoklu veya tekli)
5. Statik ya da dinamik yerleşim modelleri olmasına göre
6. Deterministik ya da olasılıklı olmasına göre
7. Tek ya da çoklu ürün modelli olmasına göre
8. Özel sektör veya kamu sektörü problemleri olmasına göre
9. Tek amaçlı ya da çok amaçlı olmasına göre
10. Esnek ya da esnek olmayan talep durumuna göre
11. Kapasite kısıtlı ya da kapasite kısıtsız olmasına göre
12. Talebin en yakın tesisten ya da dağıtılarak karşılanmasına göre
13. Hiyerarşik ya da tek aşamalı olmasına göre
14. İstenen veya istenmeyen tesisler olmasına göre

Tesis yeri seçimi problemini Sule aşağıdaki gibi sınıflandırmaktadır. (Sule, 2001)

1. p-medyan (Weber-minisum) problemi
2. p-merkez (maximin) problemi
3. Kapasite kısıtsız tesis yeri seçimi problemi
4. Kapasite kısıtlı tesis yeri seçimi problemi
5. Kuadratik atama problemi

Tunçbilek (2018) yaptığı çalışmada tesis yeri seçimi problemini Şekil 2.1’de gösterildiği gibi sınıflandırmaktadır.



Şekil 2.1: Tesis yeri seçimi problemi sınıflandırması (Tunçbilek, 2018).

2.1.1. Sıralama Yöntemleri

Faktör puan analizi gibi basit puanlama yöntemlerinin yanında Electre I-II, AIM, TOPSİS, AHP, ANP ve Gri İlişkisel Analiz gibi karmaşık yöntemler belirlenen ölçütlere göre mevcut alternatiflerin iyiden kötüye sıralanarak değerlendirilmesinde kullanılırlar. Bu yöntemlerin optimum çözümü garanti edemediği göz ardı edilmemelidir. (Özcan ve diğ., 2011)

2.1.2. Kesikli Tesis Yeri Seçimi Yöntemleri

Tesis yeri seçimini alternatif tesis yerleri arasından yapan yöntemlerdir. Bu yöntemler ihtiyaç olan tesis sayısına göre tek tesisli veya çok tesisli olarak ayrılmaktadır.

2.1.2.1. Tek Tesisli Yöntemler

Alternatif tesis yerleri arasından tek bir noktayı tesis yeri olarak belirlemeyi hedefleyen çözüm yöntemleridir. Ulaştırma modeli, Vogel yaklaşırma yöntemi, miktar maliyet analizi gibi yöntemleri içermektedir.

2.1.2.2. Çok Tesisli Yöntemler

Alternatif tesis yerleri arasından birden fazla noktaya tesis yeri seçiminin açılmasına karar verildiği tesis yeri seçim problemi yöntemleridir. Kapasite kısıtlı ve kapasite kısıtsız p-medyan problemi, p-merkez problemi, kapasite kısıtsız yer seçimi ve maksimum kapsama yer seçimi yöntemleri gibi yöntemleri içermektedir.

2.1.3. Sürekli Tesis Yeri Seçimi Yöntemleri

Sürekli tesis yeri seçimi problemi, müşterilerin taleplerini en küçük maliyetle karşılayabilmek için tesis yeri seçimini sürekli çözüm uzayında belirleyen yöntemlerdir. Bu yöntemler Şekil 2.2’de belirtildiği gibi tek tesisli, çok tesisli, tek kaynaklı ve çok kaynaklı olabilmektedir.

Tez çalışmasında ilgilenen model, kapasite kısıtsız sürekli tesis yeri seçimi problemine çözüm önerisi sunduğu için kapasite kısıtsız tek tesisli sürekli tesis yeri seçimi yöntemi olan Weber problemi ve kapasite kısıtsız çok tesisli sürekli tesis yeri seçimi yöntemi olan çok tesisli Weber problemi bir sonraki bölümde alt başlıklar olarak detaylı şekilde anlatılmaktadır.

2.1.3.1. Weber Problemi (WP)

Bir düzlem üzerindeki a_i noktalarında bulunan müşterilerin w_i miktarındaki taleplerini en az toplam ulaştırma maliyeti ile karşılamak üzere kurulacak olan tek bir tesisin yerini (x) belirlemeyi amaçlayan Weber Problemi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir. Bu, sınırlandırılmamış doğrusal olmayan bir optimizasyon problemidir (Tunçbilek,2018).

WP:

$$\min_X \sum_{i=1}^n w_i d(x, a_i) \quad (2.1)$$

öyle ki

$$w_i \geq 0, \quad w_i \in \mathbb{R}, \quad \forall i \quad (2.2)$$

$$x \in \mathbb{R}^2 \quad (2.3)$$

$a_i : (a_{i1}, a_{i2})$ talep noktalarının bilinen konumları $i=1, \dots, n$

x : tesis konumunu $[x : (x_1, x_2)]$ gösteren karar değişkenleri

w_i : talep noktası i 'nin toplam talep miktarı

$d(x, a_i)$: talep noktası i ile kurulacak tesis arasındaki Öklid metriği

$$d(x, a_i) = \sqrt{(x_1 - a_{i1})^2 + (x_2 - a_{i2})^2} \quad (2.4)$$

2.1.3.2. Çok Tesisli Weber Problemi (ÇTWP)

Weber Probleminin gelişmiş hali olan Çok Tesisli Weber Problemi (ÇTWP) bir düzlem üzerindeki a_i noktalarında bulunan müşterilerin w_i miktarındaki taleplerini en az toplam ulaştırma maliyeti ile karşılamak üzere birden çok sayıda tesis kurulması ile ilgilenir. Tesislerin kapasiteleri sınırsız kabul edilir. Her tesisin yeri ve her müşterinin hangi tesisten ne kadar hizmet alacağı belirlenecektir. Tek Tesisli Weber Probleminde (WP) olduğu gibi tesislerin kurulum maliyeti toplam maliyete dahil edilmez, amaç fonksiyonu olarak sadece toplam ulaştırma maliyeti dikkate alınır. Kaç tesis kurulacağı baştan verilmiştir. ÇTWP tesis kapasitelerinin toplam talep miktarından çok büyük olduğu durumlarla ilgilidir. Tesis kapasiteleri sınırsız olduğu için optimal çözümde her bir müşterinin talebi kendisine en yakın olan tesise atanır ve her müşteri bir tesisten hizmet alır. ÇTWP lineer olmayan, ne içbükey, ne de dışbükey bir hedef fonksiyona sahiptir ve genellikle çok sayıda yerel minimum nokta içerir (Tunçbilek,2018).

ÇTWP:

$$\min_{Z, X} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_i z_{ij} \|x_j - a_i\| \quad (2.5)$$

öyle ki

$$\sum_{j=1}^m z_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, n \quad (2.6)$$

$$z_{ij} \in \{0, 1\}, \quad (2.7)$$

$$x_j \in \mathbb{R}^2, \quad \forall_j \quad (2.8)$$

m : kurulacak tesis sayısı

n : müşteri (talep noktası) sayısı

$a_i : (a_{i1}, a_{i2})$ talep noktalarının bilinen iki boyutlu konumları $i=1, \dots, n$

$X=(x_1, \dots, x_m)$: tesis konumlarını $[x_j : (x_{j1}, x_{j2})]$ gösteren karar değişkenleri $j=1, \dots, m$

w_i : talep noktası i 'nin toplam talep miktarı

$Z = (z_{ij})$: talep noktası i 'nin tesis j 'den hizmet alıp almayacağını gösteren karar değişkenleri (eğer i nci müşteri j nci tesis atanmışsa 1; atanmamışsa 0 değerini alır).

$\|x_j - a_i\|$: talep noktası i ile tesis j arasındaki Öklid uzaklık

(2.6) Her talep noktasının toplam talebi karşılanacaktır. (Talep kısıtı)

(2.7) $z_{ij} = 0$: Talep noktası j tesis i 'den hizmet almayacak.

$z_{ij} = 1$: Talep noktası j tesis i 'den w_i kadar miktarda hizmet alacak.

2.1.3.3. Stokastik Çok Tesisli Weber Problemi (Stokastik ÇTWP)

Stokastik çok tesisli weber probleminin adımları hemen aşağıda anlatıldığı gibidir.

Stokastik ÇTWP:

$$\min_{Z, X} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m E[w_i] z_{ij} E[d(a_i, c_j)] \quad (2.9)$$

öyle ki

$$\sum_{j=1}^m z_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, n \quad (2.10)$$

$$z_{ij} \in \{0, 1\}, \quad (2.11)$$

$$x_j \in \mathbb{R}^2, \quad \forall_j \quad (2.12)$$

m : kurulacak tesis sayısı

n : müşteri (talep noktası) sayısı

$\mathbf{a}_i : (a_{i1}, a_{i2})$ talep noktalarının iki boyutlu konumları $i=1, \dots, n$, $a_{i1} \sim N(\mu_{i1}, \sigma_{i1})$, $a_{i2} \sim N(\mu_{i2}, \sigma_{i2})$

$\mathbf{X}=(x_1, \dots, x_m)$: tesis konumlarını $[\mathbf{x}_j : (x_{j1}, x_{j2})]$ gösteren karar değişkenleri $j=1, \dots, m$

$\mathbf{w}_i$: talep noktası i 'nin toplam talep miktarı, $w_i \sim N(\mu_i, \sigma_i)$

$E[\mathbf{w}_i]$: talep noktası i 'nin toplam talep miktarının bilinen bir olasılık dağılımına göre beklenen değeri

$\mathbf{Z} = (\mathbf{z}_{ij})$: talep noktası i 'nin tesis j 'den hizmet alıp almayacağını gösteren karar değişkenleri (eğer inci müşteri jnci tesis atanmışsa 1; atanmamışsa 0 değerini alır).

$d(\mathbf{a}_i, \mathbf{c}_j)$: talep noktası i ile tesis j arasındaki Öklid uzaklık

$E[d(\mathbf{a}_i, \mathbf{c}_j)]$: talep noktası i ile tesis j arasındaki Öklid uzaklığının bilinen bir olasılık dağılımına göre beklenen değeri

(2.10) Her talep noktasının toplam talebi karşılanacaktır. (Talep kısıtı)

(2.11) $\mathbf{z}_{ij} = 0$: Talep noktası j tesis i 'den hizmet almayacak.

$\mathbf{z}_{ij} = 1$: Talep noktası j tesis i 'den $\mathbf{w}_i$ kadar miktarda hizmet alacak.

2.2. LİTERATÜR TARAMASI

2.2.1. Tesis Yeri Seçimi Problemi Alanında Yapılan Çalışmalar

Tez çalışmasının bu bölümünde, tesis yeri seçimi problemi alanında yapılan çalışmalara ve stokastik müşteri konum veya taleplerinin olduğu problemlere çözüm önerisinde bulunan çalışmalara yer verilmektedir.

2.2.1.1. Tesis Yeri Seçimi Problemi Alanında Yapılan Çalışmaların Genel Literatür Taraması

Tesis yeri seçimi problemi ilk olarak Cooper (1963), tarafından ele alınmıştır. Bu çalışma, akademik alanda çok ilgi toplamış ve ardından, Kuenne ve Soland (1972), dal sınır algoritması yöntemi kullanarak tesis yeri seçimi problemi modelini önermiştir. Murtagh ve Niwattisyawong

(1982), kapasiteli tesis yeri seçimi problemi üzerinde bir model geliştirmişlerdir. Megiddo ve Supowit (1984), tesis yeri seçimi problemlerinin NP- Zor problemler olduğunu kanıtlayan bir çalışma yapmışlardır. Murray ve Church (1996), benzetilmiş tavlama, Ohlemuller (1997) tabu araması, Hansen ve diğ. (1998) p-medyan ve Weber çalışmaları bu çalışmalardan bazıları olarak sıralanabilir. Hansen ve diğ. (1998) tarafından deterministik tesis yeri seçimi problemleri ele alınmıştır. Sezgisel ve Metasezgisel yöntemlerin yanında tesis yeri seçimi problemine bulanık yaklaşım ile çözüm önerileri de getirilmiştir. Wang ve Shu (2005) bulanık parametrelerin olduğu tedarik zinciri planlaması modellerini araştırmışlardır. Yang ve diğ. (2007), bulanık talebin olduğu kapasiteli tesis yeri seçimi problemi için şans kısıtlı programlama yöntemini kullanmışlardır. Zhou ve Liu (2007), bulanık talebin olduğu kapasiteli tesis yeri seçimi problemi için 3 farklı model ele almışlardır. Wen ve Iwamura (2008), Hurwicz kriteri ile bulanık maliyeti modelini geliştirmişlerdir. Peidroa ve diğ. (2009) bulanık tedarik zinciri modellerini geliştirmiştir. Gao (2011) ise belirsiz en kısa yol problemini çözmüştür. Wen ve Kang (2011), rastgele bulanık talebin olduğu tesis yeri seçimi modelini önerirken, Wang ve Watada (2012), bulanık rastgele ortamda tesis yeri seçimi modelini önermişlerdir. Gao (2012), belirsiz tek tesis yeri seçimi problemi için çözüm geliştirmiştir.

Wen ve diğ. (2014), simpleks yönteminin ve genetik algoritmanın birlikte kullanıldığı karma model ile en uygun tesis yeri belirleyen matematiksel bir model geliştirmiştir. Müşteri talepleri uzman değerlendirmesi sonucu belirlenmektedir. Huang ve Di (2015), müşteri konumlarının belirsiz olduğu problemde kapasitesiz yer seçimi modelini önermişlerdir. Matematiksel modelde, müşteri konumları belirlenirken, uzman görüşü kullanılmaktadır. Çözüm önerisinde genetik algoritmanın olduğu şans kısıtlı programlama kullanılmıştır.

2.2.1.2. Tesis Yeri Seçimi Problemi Alanında Stokastik Müşteri Taleplerinin veya Konumlarının Olduğu Çalışmalar

Zhou ve Liu (2003), müşteri taleplerinin rastgele parametrelere sahip olduğu tesis yeri seçimi problemini ele almışlardır. Altinel ve diğ. (2009), stokastik müşteri konumlarının olduğu, müşteri taleplerinin bilindiği kapasiteli tesis yeri seçimi problemini ele almışlardır. Mousavi ve diğ. (2012), kapasiteli tesis yeri seçimi probleminde, stokastik müşteri konumları ve taleplerinin olduğu probleme çözüm önermişlerdir. Çözüm aşamasında, şans kısıtlı programlama ve genetik algoritmanın olduğu hibrit model kullanılırken, müşteri mesafeleri Öklid uzaklığın beklenen değeri ile hesaplanmıştır. Liu (2012), yeterli veri olmadığında, müşteri taleplerini tahmin

ederek tesis yeri seçimi yapan matematiksel model önermişlerdir. Mousavi ve diğ. (2013), Normal dağılıma sahip stokastik müşteri konumlarının ve bulanık müşteri taleplerinin olduğu kapasiteli tesis yeri seçimi problemine çözüm önerisi getirmişlerdir. Zhang ve diğ. (2014), yeterli veri olmadığında, müşteri taleplerini tahmin ederek tesis yeri seçimi yapan matematiksel model önermişlerdir. Wen ve diğ. (2015), müşteri taleplerinin kesin olarak belli olmadığı bir problemde kapasiteli tesis yeri belirlemek için matematiksel model önermişlerdir. Önerilen modelde, simpleks algoritması, Monte Carlo benzetimi ve genetik algoritmanın birlikte kullanıldığı karma model bulunmaktadır. Belirsiz olan müşteri talepleri ise uzman değerlendirmesi sonucu belirlenmektedir. Bieniek (2015), tek tesisli kapasiteli tesis yeri seçimi probleminde, müşteri taleplerinin olasılık dağılımlarının ve tüm parametrelerinin aynı olması durumunda oluşan stokastik müşteri talepleri incelemiş ve probleme çözüm önerisi getirmiştir. Markovic ve diğ. (2017), bağımsız talep ile çok periyotlu stokastik tesis yeri seçimi problemini ele almışlardır. Daibat ve diğ. (2017), belirsiz talep ve tedarik süresinde, tesis yeri ve stok kararlarının ortak belirlendiği bir matematiksel model önermişlerdir.

Talebin belirsiz olduğu birçok problemde tesis yeri seçimi ve kapasite belirlenmesi veya kurulum maliyetinin belirsiz olduğu durumda tesis yeri seçimi problemleri birçok farklı çalışmada incelenmiştir. (Puga ve Tancrez 2017), (Jakubovskis 2017), (Zhen ve diğ. 2017), (Srinivasan ve Kahn 2018). Müşteri taleplerinin belirsiz olduğu bu üç çalışmada da müşteri konumları bilinmektedir. Değişken olan müşteri talepleri, fiyat, maliyet, gelir gibi parametrelerdir.

2.2.2. Bulanık Öbekleme Alanında Yapılan Çalışmalar

Dunn, 1973 yılında K-ortalamlar yöntemi ile Bulanık mantığı birleştiren yeni bir algoritma önermiştir. Bezdek (1981) tarafından geliştirilen bu yöntem Bulanık C-Ortalamlar algoritması adıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Wang ve diğ. 2004 yılında Ağırlıklandırılmış Bulanık C-Ortalamlar ismini verdikleri bir algoritma önermiş ve bunun klasik yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Bu algoritmada ağırlıklı Öklidyen metrik kullanılmış ve ağırlıklar, Basak ve diğ. (1998) tarafından önerilen $E(w)$ değerlendirme fonksiyonunu en küçükleyerek belirlenmiştir. Esnaf ve Küçükdeniz 2009 yılında Bulanık C-Ortalamlar ile Ağırlık Merkezi yöntemlerini birleştirerek yeni bir yöntemle (BCO-GM) sonuçları iyileştirmişlerdir. Bu yöntemde önce Bulanık C-Ortalamlar ile talep noktaları kümesi C adet kümeye ayrılmakta, ardından her biri için Gravite Merkezi hesaplanmaktadır. Bu merkezler

yeni öbek merkezleri olarak seçilmektedir. Küçükdeniz ve diğ. (2011) Bulanık C-Ortalamlar ve konveks programlama yöntemlerinin birleşimini kapasite kısıtlı tesis seçim yeri problemi için uygulamıştır. Yöntemde ilk adımda bulanık C-Ortalamlar kullanılarak öbek merkezleri tesis kapasitesi sınırı içinde belirlenir. Sonra problem tek kaynaklı tesis yeri seçimi problemi olarak ele alınır konveks programlama ile yeni öbek merkezi belirlenir. Esnaf ve Küçükdeniz (2013) tarafından önerilen Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar (RABCO) yönteminde, ağırlık değerlerinin sabit kabul edildiği farklı bir metrik kullanılmıştır. Amaç fonksiyonundaki metrik düzlemdeki iki nokta arasındaki Öklidyen uzaklıkla talep noktasının talep miktarının çarpımı olarak hesaplanmaktadır. Bu yöntem Tesis Yeri Seçim probleminde talep miktarlarının sabit olacağı varsayımını kullanmıştır. Esnaf ve Küçükdeniz (2018) Revize Ağırlıklandırılmış Bulanık C-Ortalamlar ile Nelder-Mead (RABCO-NM) yöntemlerinin hibrit karışımı olan yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen yeni yaklaşımı literatürde kullanılan veri kümeleri üzerinde uygulanmıştır. Önerilen yöntem, Bulanık C-Ortalamlar (BCO), Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi (BCO-GM), Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead (BCO-NM), Parçaçık Sürü Optimizasyonu (PSO) ve Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar yöntemleriyle karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak önerilen yöntemin hem maliyet hem de işlem süresi bakımından daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında BCO,BCO-GM,BCO-NM, RABCO-GM,RABCO-NM ilk kez stokastik müşteri talebi ve konumu veri yapısına sahip çok tesisli yer seçimi problemine uygulanmıştır.

2.2.3. Baz İstasyonu Seçimi Problemi Alanında Yapılan Çalışmalar

Baz istasyonu seçimi, belirli bir alandaki müşterilerin taleplerini karşılamak için belirlenmesi gereken baz istasyonu sayısı ve konumları olarak özetlenebilir (Akella ve diğ. 2010). Amaldi ve diğ. (2003), baz istasyonu konum belirlenmesinin sadece uzaklıkla ilgili değil aynı zamanda kapasitenin de önemli olduğunu savunmuşlardır. Buradaki amaç hareketli olan kullanıcıların taleplerini karşılayacak sayıda ve doğru konumda baz istasyonunu belirlemektir. Wright (1998), Nelder-Mead simpleks yönteminin baz istasyonlarının optimum yerlerini bulmada uygun bir yöntem olduğunu savunan bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada Nelder-Mead yöntemi gibi direkt arama yapan sezgisel yöntemlerin baz istasyon koordinatlarını belirlemede kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Çalışma kapalı alana yerleştirilen ağ sağlayıcının performansının değerlendirildiği bir çalışmadır. Problemin amacı servis sağlayıcının maksimum performans düzeyinde çalışmasıdır. Ancak kullanıcının konum bilgisi göz ardı

edilmiştir. Bose (2001), belirli bir alanda en az baz istasyon sayısı ile kapsama alanını en büyükleyen matematiksel bir model önermiştir. Bu modelde müşterilerin dağılımları veya talepleri düşünülmemiş sadece var olan küçük bir çapta belirli bir bütçeyle kapsama alanını en büyükleme konusu üzerinde durulmuştur. Akella ve diğ. (2005), acil durumlarda kapsama gereklilikleri düşünülerek baz istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi ve kanal ayrımlarının yapılmasını içeren bir karma tamsayı problemini ele almışlardır. Bu problemi çözmek için Lagrange sezgisel yöntemi oluşturmuşlar ve bu yöntemin diğer sezgisel yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir. Akella ve diğ. (2010), var olan baz istasyonlara yenilerini ekleyerek, çağrılarının gerçekleşme olasılığını en büyükleyen bir model önermişlerdir. Kurulan modelin uygulamasını New York'un batısındaki bir kasabada gerçekleştirmişlerdir. Uygulamada 380 baz istasyonu ele alınmış, benzetilmiş tavlama ve Nelder-Mead sezgisel yöntemleri uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda farklı sayılarda baz istasyonu eklendiği durumlarda karşılaştırma yapılmış ve en uygun baz istasyon sayısı ve konumuna ulaşılmaya çalışılmıştır. Brevis ve diğ. (2011), kablosuz ağlarda en küçük enerji kullanımı için baz istasyonu yer belirleme en iyilemesini amaçlayan bir matematiksel model önermişlerdir. Önerilen model, karma tamsayılı model olarak kurulduğu dolaylı simpleks yöntemi ve dal sınır algoritması kullanılması uygun görülmüştür. Bu çalışmada, belirli bir alanda enerji tüketimini en küçükleyecek model belirlenmektedir. Baz istasyonlarının yerleri belirlenirken, aday birkaç baz istasyonu konumları belirlenmiş ve bunlar içerisinde en uygun sonucu veren nokta en iyi baz istasyon yeri olarak alınmıştır. Müşteri dağılımları ise stokastik programlama ile belirlenmektedir. Skakov ve Malysh (2015), yaptıkları çalışmada baz istasyonlarının yerlerini belirlemede kullanılan Benzetilmiş Tavlama ve Evrimsel algoritmaları performanslarına göre karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda Benzetilmiş Tavlama yönteminin Evrimsel algoritmalarla göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Gabli ve diğ. (2016), kapsama alanını en büyükleme ve toplam maliyeti en küçüklemeyi amaçlayarak, baz istasyonlarının yerlerini belirleyen bir matematiksel model önermişlerdir. Önerilen modelde, baz istasyonlarının kurulması için gerekli olan yatırım miktarının değişkenliğini bulanık küme mantığı ile çözmüşlerdir. Baz istasyonlarının yerlerini belirlemede ise, genetik algoritma ve yerel arama yönteminin karışımı karma bir yöntem önerilmektedir. Phoemphon ve diğ. (2018), kablosuz sensör ağları optimizasyonu için bulanık mantık ve parçaçık sürü optimizasyonu içeren karma model önermişlerdir.

Literatüre bakıldığında, müşteri taleplerinin belirsiz olduğu birçok çalışmaya rastlanmaktadır Wen ve diğ. (2014), Liu ve Zhou (2003), Wen ve diğ. (2015). Müşterilerin konumlarının belirsiz olduğu tesis yeri seçimi problemi ise Huang ve Di (2015), tarafından incelenmiştir. Baz istasyonu ve kablosuz sensör ağları alanında yapılan çalışmalarda benzetilmiş tavlama ve evrimsel algoritmalar ile bazı metasezgisel yaklaşımlar çalışılmıştır Skakov ve Malysh (2015), Gabli ve diğ. (2016), Phoemphon ve diğ. (2018).

Yapılan literatür taraması sonucunda, büyük verinin kullanıldığı, müşteri taleplerinin ve müşteri konumlarının belirsiz olduğu bir probleme, bulanık öbekleme yaklaşımı ile çözüm önerisi getirilmesinin gelişmeye açık bir konu olduğu belirlenmiştir. Tez çalışması, incelenen makalelerden farklı olarak, müşteri taleplerinin değişken olduğu ve aynı zamanda müşteri konumlarının da değişken değerler aldığı bir problem içermektedir. Bu bağlamda, tez çalışması, değişken koordinat değerlerine göre Öklid uzaklığının hesaplandığı, büyük veri analizi içeren, stokastik çoklu tesis yeri probemine bulanık öbekleme ve gravite merkezi/Nelder-Mead hibrit algoritmalarını kullanarak çözüm önerisinin getirildiği bir çalışmadır.

2.3. STOKASTİK TESİS YERİ SEÇİMİ

Müşteri konumlarının stokastik olduğu probleme çözüm önerisinde bulunan çalışmalar, Altınel ve diğ., (2009), Mousavi ve diğ. (2012), Mousavi ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmalardır. Bu çalışmalarda, müşteri konumlarının olasılık dağılımlarını tespit edilip, Öklid mesafe ölçütü hesaplanmaktayken, müşterilerin konum bilgilerinin stokastik yapıda olduğu yaklaşımında bulunulmuştur. Bu çalışmalara örnek olarak, Mousavi ve Niaki (2013), kapasiteli tesis yeri seçimi probleminde stokastik müşteri konumlarını hesaplarken Denklem 2.13'ü kullanmışlardır. $a_{1i} \sim N(\mu_{1i}, \sigma_i)$ ve $a_{2i} \sim N(\mu_{2i}, \sigma_i)$

$$E[d(a_i, c_j)] = 2\sigma_i^2 + \sqrt{(a_{1i} - c_{1j})^2 + (a_{2i} - c_{2j})^2} \quad (2.13)$$

Burada, a_{1i} ve a_{2i} konumlarının standart sapma değerleri σ_i değerine eşittir. Her adımda a_{1i} ve a_{2i} rastgele değerleri güncellenerek yeni $E[d(a_i, c_j)]$ hesaplanmaktadır.

Amaç fonksiyonu ise Denklem 2.14'te gösterildiği gibi oluşturulmuştur.

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ij} E(d(a_i, c_j)) \quad (2.14)$$

Sakalauskas (2000), rastgele üretilmiş müşteri koordinatları $N(\eta_k, d_k)$ ve talep $N(w)$ değerlerini kullanarak stokastik weber problemini çözmüştür. Algoritmanın her bir adımda yeni rastgele değerler üretilmiştir.

$$F(x) = \sum_{k=1}^K \beta_k \int_{R^2} |x - w| n(w, n^k, d^k) dw \rightarrow \min \quad (2.15)$$

Burada, $\beta_k=1, \dots, K$, rastgele değerler almaktadır.

Zhou ve Liu (2003), Bhattacharya (2012), Bianek (2015), müşteri taleplerinin (w_i) stokastik olduğu tesis yeri seçimi probleminde müşteri taleplerini $\varepsilon_i \sim N(\mu_i, \sigma_i)$ rastgele değer üretmiş ve her adımda bunu yenilemiştir. Tesis yeri seçiminde, müşteri taleplerinin stokastik olması, Zhou ve Lui (2003), Mousavi ve diğ (2012), Beinek (2015), tarafından da incelenmiştir. Bu çalışmalarda, dağılımları bulunan müşteri taleplerinin tesise stokastik bir talep miktarı ile talep gerçekleştireceklerini belirtmişler ve tesis yeri seçim problemine çözüm önerisinde bulunmuşlardır.

Bu yaklaşım, tez çalışmasında önerilen Öklid uzaklık ölçütü hesaplamalarına benzer bir yaklaşımdır. Benzer şekilde, Mohammadivojdan ve diğ. (2018), müşteri konumlarının ve müşterilerin tesise ulaşma sürelerinin olasılıklı olduğu stokastik çoklu tesis yer seçim problemini ele almışlardır. Çözüm önerisinde, genetik algoritmanın türevi kullanılmıştır. Müşterilerin tesise varış sürelerinin değişiminden dolayı, tesise olan talebinde stokastiklik kazanacağı belirtilmiştir. Kim ve diğ. (2019), deprem, sel gibi felaketlerin yol açtığı acil durum anında, uçangözler (drone) için belirlenmek istenen stokastik tesis yeri seçimi problemine çözüm önermişlerdir. Burada, uçangözlerin uçuş mesafeleri, batarya seviyeleri ve hava koşulları gibi özelliklerin etkisiyle ürünlerin sağlam bir şekilde tesise geri dönmelerinin, belli bir olasılık değerinin üzerinde olması önemsenmiştir. Tesis yeri, aday olarak seçilen tesis yerleri arasından belirlenmiştir.

Yalnızca bir çalışmada, (Mousavi ve diğ., 2012), hem müşteri talebi hem de müşteri konumunun değiştiği bir probleme çözüm önerisi getirilmiştir. Önerilen modelin amaç fonksiyonu Denklem 2.16'daki gibidir.

$$C(X|\omega) = \sum_{i=1}^m \max_{1 \leq j \leq n} \varepsilon_j(\omega) E(d(a_i, c_j)); \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.16)$$

Burada, $E(d(a_i, c_j))$, Denklem 2.13'te gösterildiği gibi hesaplanmakta iken, talep için oluşturulan ε_i rastsal değeri diğer çalışmalarda olduğu gibi $\varepsilon_i \sim N(\mu_i, \sigma_i)$ olarak oluşturulmuştur. Tez çalışmasından farklı olarak, kapasiteli tesis yeri seçimine öneride bulunan modelin stokastik müşteri konumlarının normal dağılıma uyduğu ancak X ve Y koordinat düzlemlerindeki standart sapmaların eşit olduğu varsayımı ile Öklid uzaklığı bulunmuştur. Kapasiteli tesis yeri seçimi problemi olduğu için, müşteri taleplerinin karşılanma oranının (müşteri hizmet düzeyi), en büyükleyen model üzerinde durulmaktadır. Ayrıca bu çalışmada, bulanık öbekleme algoritmaları değil, genetik algoritma içeren şans kısıtlı programlama kullanılmıştır.

Tesis yeri seçimi problemine, bulanık öbekleme algoritmalarının uygulandığı, stokastik müşteri talebi ve konumlarının olduğu probleme çözüm önerisinde bulunan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Tez çalışmasında ele alınan problemde, müşteri talepleri değişken olduğu gibi müşteri konumları da değişkendir. Bu bağlamda, tez çalışması, değişken koordinat değerlerine göre Öklid uzaklığının hesaplandığı, müşteri talebinin de değişken olduğu, büyük veri analizi içeren, stokastik çoklu tesis yeri problemine bulanık öbekleme algoritmaları ve türevsiz optimizasyon yöntemlerinin hibrit bir şekilde ilk kez uygulanması ile çözüm önerisi getiren literatürdeki ilk çalışmadır.

2.4. NELDER-MEAD YÖNTEMİ

Simpleks arama yöntemi ilk olarak Spendley ve diğ. (1962) tarafından ve daha sonra Nelder ve Mead (1965) tarafından güncellenen, özellikle doğrusal olmayan en küçük kareler, doğrusal olmayan eşzamanlı denklemler ve diğer fonksiyon küçültme türleri gibi geleneksel kısıtlanmamış küçültme senaryoları için özel olarak tasarlanmış türevsiz arama yöntemidir (Fan ve diğ., 2006).

Nelder-Mead yöntemi üçgenin köşelerinde fonksiyon değerlerini karşılaştıran bir direkt arama metodudur. Amaç fonksiyonu $z = f(x)$ fonksiyonunun en küçükleme ele alındığında, $z = f(x)$ fonksiyonunun değerinin en büyük olduğu nokta üçgenin en kötü köşesi olarak belirlenmektedir. En kötü olarak belirlenen nokta seçilecek yeni bir nokta ile yer değişmektedir. Değiştirilen yeni nokta ile yeni üçgen elde edilmektedir. Her bir adım, yeni belirlenen köşeler ile oluşturulan üçgenlerin güncellenmesiyle ilerlemektedir. Bu sayede her bir yenilenen üçgen amaç fonksiyonunun değerinin azalmasına sebep olmaktadır. İşlem adımları ilerledikçe üçgenlerin küçülmesi sağlanmış olmakta ve bu sayede çözüm bir noktaya yaklaşmaktadır. Nelder-Mead yönteminin dört adımı bulunmaktadır. Bu adımlar, yansıma, genişleme, içe ve dışa büzülme, daralma adımlarıdır.

Nelder-Mead algoritmasının adımları Mathews ve Fink (2004) tarafından aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.

Başlangıç Üçgeni B G W

Amaç fonksiyonu $f(x,y)$ en küçükleme istendiğinde, algoritmanın başlaması için verilen üç köşe ile üçgen elde edilir ve algoritma adımları başlamaktadır.

$$V_k = (x_k, y_k) \quad k = 1, 2, 3 \quad (2.17)$$

Her bir nokta için $f(x,y)$ amaç fonksiyonunun değerleri hesaplanmaktadır.

$$z_k = f(x_k, y_k) \quad k = 1, 2, 3 \quad (2.18)$$

Bulunan z değerleri $z_1 \leq z_2 \leq z_3$ koşulunu sağlayacak şekilde sıralanmaktadır.

$$B = (x_1, y_1), G = (x_2, y_2) \text{ ve } W = (x_3, y_3) \quad (2.19)$$

Burada B en iyi köşe, G ikinci en iyi köşe ve W en kötü köşe olarak belirlenmektedir.

İyi Kenarın Orta Noktası

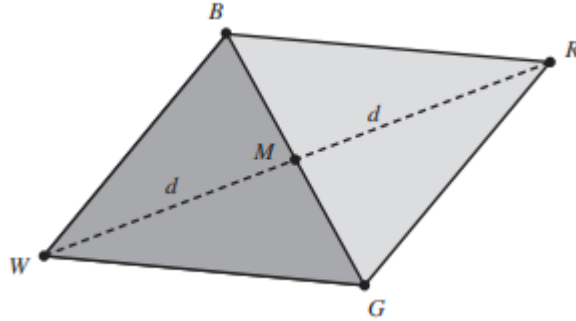
B (en iyi köşe) ile G (en iyi ikinci köşe) noktalarının orta noktası iyi kenarın orta noktası olarak belirlenmektedir. Bu noktanın bulunması aşağıdaki formülde sağlanmaktadır.

$$M = \frac{B + G}{2} = \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2} \right) \quad (2.20)$$

R Noktası Kullanarak Yansıma Adımının Yapılması

Üçgenin kenarı boyunca W noktasından B noktasına doğru hareket ettikçe amaç fonksiyonun değeri azalır ve kenar boyunca W noktasında G noktasına hareket ettikçe fonksiyon değeri azalır. Bu nedenle, amaç fonksiyonu $f(x, y)$ 'nin, B ve G noktaları arasındaki çizginin karşı tarafında W noktasından uzak noktalarda daha küçük değerler alması mümkündür.

BG tarafındaki üçgeni "yansıtarak" elde edilen bir test noktası (R) seçilmektedir. R noktasını belirlemek için, önce BG noktasının birleştiği doğru parçasının orta noktası (M) bulunmaktadır. Daha sonra W noktasından M noktasına uzanan d uzunluğunda bir doğru parçası çizilmektedir. Çizilen d uzunluğundaki doğru parçasının ters yöndeki yansıması elde edilmekte ve BG köşesinin uç noktasında bulunan bir R noktası meydana gelmektedir. Yansıma adımı Şekil 2.2'te gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Yansıma adımı (Mathews ve Fink, 2004).

R noktasının hesaplanması ise aşağıdaki formülde gösterilmektedir.

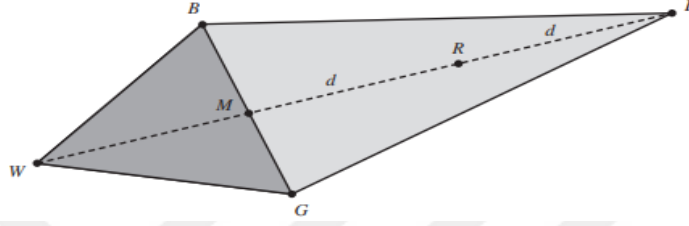
$$R = M + (M - W) = 2M - W \quad (2.21)$$

E Noktası Kullanılarak Genişleme Adımının Yapılması

Eğer R noktasındaki fonksiyon değeri W noktasındaki değerden küçükse, algoritmanın en küçükleme yönünde hareket ettiği gözlenmektedir. Bu durumda, en küçük değer, R noktasının yakınlarında olma ihtimali doğmaktadır. Bu nedenle, R noktasına M noktasından

çizilmiş olan doğru parçası, d uzunluğu kadar uzatılarak E noktasına getirilmektedir. Oluşturulan yeni BGE üçgeni genişletilmiş üçgen olarak nitelendirilebilir. Eğer yeni elde edilen E noktasının fonksiyon değeri R noktasından küçük bir değer almakta ise R köşesinden daha iyi bir köşe bulunduğu sonucuna varılabilir. E noktasının hesaplanması aşağıdaki formülde açıklanmaktadır. Yukarıda açıklanan büyüme adımı Şekil 2.3'te gösterildiği gibidir.

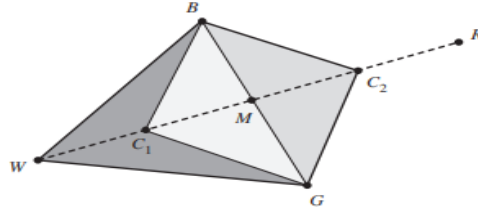
$$E = R + (R - M) = 2R - M \quad (2.22)$$



Şekil 2.3: Genişleme adımı (Mathews ve Fink, 2004).

C Noktası Kullanılarak Büzülme Adımının Yapılması

Eğer R ve W noktasındaki fonksiyon değerleri aynı değeri alıyorsa, başka bir nokta test edilmektedir. M noktasında fonksiyon değerinin daha küçük olma ihtimali olsa dahi W noktası ile yer değiştirilmesi üçgen formunu bozacağından dolayı mümkün değildir. C_1 ve C_2 noktaları sırasıyla WM ve MR arasındaki orta noktalar olduğu varsayımıyla, düşük değere sahip noktayla oluşturulan yeni üçgene BGC üçgeni denilebilir. Yeni oluşan üçgen, BGC₁ üçgeni olması halinde buna içe büzülme, yeni oluşan üçgen BGC₂ üçgeni olması halinde ise dışa büzülme olarak adlandırılır. Büzülme adımı ise Şekil 2.4'te gösterilmiştir.

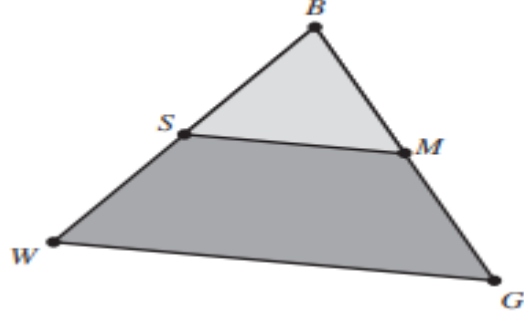


Şekil 2.4: Büzülme adımı (Mathews ve Fink, 2004).

B Noktasına Doğru Daralma Adımının Yapılması

Eğer C noktasındaki fonksiyon değeri W noktasındaki fonksiyon değerinden küçükse, G ve W noktaları B noktasına yaklaştırılarak üçgenin daralması sağlanmaktadır. G noktası ile M

noktasının ve W noktası ile S noktasının yerleri değiştirilmektedir. Buradaki S noktası B noktası ile W noktasını birleştiren kenarın orta noktası olarak belirlenmektedir. Bu adımda Şekil 2.5'te gösterildiği gibidir.



Şekil 2.5: Daralma adımı (Mathews ve Fink, 2004).

2.5. TESİS YERİ SEÇİMİ PROBLEMİNDE KULLANILAN BULANIK ÖBEKLEME MODELLERİ

Aşağıdaki özelliklere sahip olan sürekli çok tesisli yer seçimi problemleri öbekleme esasına göre modellenebilmektedir. (Esnaflık ve Küçükdeniz, 2013):

1. Tesisler düzlemde herhangi bir yere (koordinata) yerleştirilebilir ve en uygun olan yer (koordinat) yinelemeli olarak bulunur.
2. Tesisler arası ulaştırmaya izin verilmez.
3. Her müşteriye tek bir tesis hizmet verir. Başka bir deyişle müşteri talepleri iki veya daha fazla tesis tarafından paylaşılarak karşılanmaz.
4. Ulaştırma maliyetinin öklid uzaklığı ile orantılı olduğu varsayılır.
5. Her müşteri kendisine en yakın tesise atanır.
6. Hazırlık maliyetleri ihmal edilir.
7. Sürekli düzleme yayılmış müşterilerin yerleri (koordinatları) ve talepleri sabittir.

2.5.1. Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (BCO)

BCO yöntemi, k-ortalamlar algoritmasının bulanıklaştırılmış bir versiyonu olarak görülebilir ve amaç fonksiyonun en küçüklenmesini hedef edinmektedir. (Kenesei ve ark. 2006)

Bulanık C-Ortalamlar yöntemini adımları aşağıda açıklanmaktadır. (Balasko ve diğ., 2005)

$$J_p(U, c) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k w_i (u_{ij})^p \|a_i - c_j\|^2 \quad (2.23)$$

Adım 1: Başlangıç olarak $U^{(0)} = [u_{ij}]$ üyelik matrisi rasgele atanır.

Adım 2: Öbek merkezlerinin hesaplanması:

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n (u_{ij})^p a_i}{\sum_{i=1}^n (u_{ij})^p} \quad (2.24)$$

Adım 3: Üyelik matrisinin güncellenmesi:

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{j=1}^k \left(\frac{a_i - c_i}{a_i - c_j} \right)^{\frac{2}{p-1}}} \quad (2.25)$$

Adım 4: Algoritma ardışık iki üyelik matrisi, $U^k, U^{(k+1)}$ kullanılarak elde edilen toplam maliyet (J_p) değeri arasındaki fark belli bir hata değerinden küçük olana kadar devam ettirilir.

c: öbek sayısı

n: müşteri sayısı

p: üyelik katsayısı

c_j: öbek merkezi j'nin koordinatları

[u_{ij}]: üyelik matrisi

a_i: müşteri i'nin koordinatları

J_p(U, c): maliyet fonksiyonu

$\|a_i - c_j\| = d(a_i - c_j)$: talep noktası i ile tesis j arasındaki Öklid uzaklığı

$$\|a_i - c_j\| = (a_i - c_j)^T A (a_i - c_j) \quad (2.26)$$

Amaç fonksiyonunda, $\|a_i - c_j\|, d(a_i - c_j)$ olarak yazılabilir.

2.5.2. Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (RABCO)

Esnaf ve Küçükdeniz (2013) revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemini geliştirmişlerdir.

Bu yöntemde müşteri talep miktarları, bulanık c-ortalamlar yöntemindeki ağırlıklar olarak

değerlendirilmiştir. RABCO'nun diğer çalışmalardan en önemli farkı: Ağırlık değerlerinin hesaplanmasına gerek duyulmadan müşteri taleplerinin, ağırlık (w) olarak kullanılmasıdır.

RABCO:

1- Adım: Algoritmanın başında aşağıdaki değerler/sabitler belirlenir:

- a. Kümenin ayrılacağı alt küme sayısı, k ,
- b. Alt kümelerin öbek merkezleri, $\{c_1, c_2, \dots, c_k\}$
- c. Bulanıklaştırma katsayısı, p ,
- d. Durdurma katsayısı, $\varepsilon > 0$.

Adım 2: BCO algoritmasının 3.adımı kullanılarak üyelik dereceleri (u_{ij}) hesaplanır.

Adım 3: Öbek merkezleri, Denklem 2.27'deki gibi tekrar hesaplanır.

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_{ij}^p a_i}{\sum_{i=1}^n w_i u_{ij}^p} \quad (2.27)$$

Adım 4: Ardışık iki öbek merkezleri (c_j) hesaplaması arasındaki fark belli bir hata değerinden büyük ise **2. Adım'a** gidilerek yinelemeler devam ettirilir, aksi halde algoritma durdurulur.

2.5.3. Gravite Merkezi Yöntemi (GM)

Gravite merkezi yöntemi öbek merkezlerinin yerlerinin iyileştirilmesi için uygulanmaktadır.

Gravite merkezi yöntemi ile öbek merkezlerinin yerlerinin iyileştirilmesi hemen aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır.

Öbek Merkezlerinin yeniden hesaplanması:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i w_i X_i}{\sum_i w_i} \quad (2.28)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i w_i Y_i}{\sum_i w_i} \quad (2.29)$$

Öbek merkezlerinin en son ve iyileştirilmiş x ve y koordinat noktalarını belirlemek için aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

$$\bar{X} = \frac{\sum_i w_i X_i / d_i}{\sum_i w_i / d_i} \quad (2.30)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i w_i Y_i / d_i}{\sum_i w_i / d_i} \quad (2.31)$$

w_i : i müşterisinin talep değeri

$\bar{X}$: öbek merkezinin x koordinat noktası

$\bar{Y}$: öbek merkezinin y koordinat noktası

d_i : i müşterisi ile tesis arasındaki Öklid uzaklığı

2.5.3.1. Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi (BCO-GM)

Esnaflar ve Küçükdeniz 2009 yılında Bulanık C-Ortalamlar ile Gravite Merkezi yöntemlerini birleştiren yeni bir yöntemle (BCO-GM) sonuçları iyileştirmişlerdir. Bu yöntemde önce Bulanık C-Ortalamlar ile talep noktaları kümesi öbek merkezleri de belirlenerek k adet kümeye, başka bir deyişle k adet tek tesisli yer seçimi problemine, ayrılmakta, ardından BCO ile müşteri tesis eşleşmesi yapılmış her bir öbek ya da tesis için Gravite Merkezi hesaplanmaktadır. Yinelemeler sonunda elde edilen son gravite merkezleri ise tesis yerleri olarak belirlenir. Bulanık c-ortalamlar yöntemi ilk olarak müşteri-tesis atamasının yapılmasını sağlamaktadır.

Bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin adımları ise aşağıdaki gibidir:

Adım1: Müşteriler k -adet (c_j) alt öbeğe BCO algoritması kullanılarak ayrılır. Bunun için:

Adım 1.1: BCO ile k -adet öbek merkezi belirlenir.

Adım 1.2: Müşteriler kendilerine en yakın öbek merkezi ile eşleştirilir. Öbek merkezlerine eşleştirilen müşteriler ile alt öbekler oluşturulur.

Adım2: Her alt öbek için ayrı ayrı olmak üzere, öbek merkezleri GM kullanılarak yeniden belirlenir.

Adım3: Amaç fonksiyonu/öbek merkezleri/üyelik dereceleri (hangisiyse) hesaplanır.

Adım4: Ardışık iki üyelik matrisi ($U^{(k)}, U^{(k+1)}$) kullanılarak elde edilen J_p değeri hesaplaması arasındaki fark belli bir hata değerinden büyük ise **2. Adım'a** gidilerek yinelemeler devam ettirilir, aksi halde algoritma durdurulur.

Algoritma durdurulduğunda, öbek merkezlerinin son hali sabitlenir ve müşteriler bunlara göre alt öbeklere ayrılır. Böylece n adet nokta k adet alt kümeye toplam maliyet en az olacak şekilde ayrılmış olur.

2.5.3.2. Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi (RABCO-GM)

Revize ağırlıklandırılmış bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi iki farklı yöntem kullanarak öbekleme problemine çözüm önerisi sunmaktadır. İlk olarak tesisler ile müşterilerin eşleştirilmesi için revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemini kullanılmaktadır. Bu adımın ardından her küme içindeki optimum tesis yerleri özel bir gravite merkezi yaklaşımı ile belirlenir.

Revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin adımları ise aşağıdaki gibidir:

Adım1: Müşteriler k -adet (c_j) alt öbeğe RABCO algoritması kullanılarak ayrılır. Bunun için:

Adım 1.1: RABCO ile k -adet öbek merkezi belirlenir.

Adım 1.2: Müşteriler kendilerine en yakın öbek merkezi ile eşleştirilir. Öbek merkezlerine eşleştirilen müşteriler ile alt öbekler oluşturulur.

Adım2: Her alt öbek için ayrı ayrı olmak üzere, öbek merkezleri GM kullanılarak yeniden belirlenir.

Adım3: Amaç fonksiyonu/öbek merkezleri/üyelik dereceleri (hangisiyse) hesaplanır.

Adım4: Ardışık iki öbek merkezleri (c_j) hesaplaması arasındaki fark belli bir hata değerinden büyük ise **2. Adım'a** gidilerek yinelemeler devam ettirilir, aksi halde algoritma durdurulur.

Algoritma durdurulduğunda, öbek merkezlerinin son hali sabitlenir ve müşteriler bunlara göre alt öbeklere ayrılır. Böylece n adet nokta k adet alt kümeye toplam maliyet en az olacak şekilde ayrılmış olur.

2.5.4. Nelder-Mead Yöntemi

Bir Nelder-Mead algoritması tanımlamak için dört skaler parametre belirtilmelidir: yansıma (α), genişleme (β), büzülme (γ) ve daralma (δ). Nelder ve Mead (1965) tarafından önerilen yöntemde $\alpha > 0$, $\beta > 1$, $0 < \gamma < 1$, $0 < \delta < 1$ koşullarının sağlanması gerekmektedir.

(1) Sıralama. f fonksiyonu $n + 1$ köşelerinde değerlendirilir ve köşeler fonksiyon değerlerine göre küçükten büyüğe sıralanır.

(2) Yansıma. Yansıma noktaları x_r 'nin hesaplanması.

$$x_r = (1 + \alpha)\bar{x} - \alpha x_{n+1} \quad (2.32)$$

$f_r = f(x_r)$ hesaplanır. Eğer $f_e < f_r$ ise x_{n+1} ile x_r değerleri yer değiştirilir.

(3) Genişleme: Eğer $f_r < f_1$ genişleme noktası x_e 'yi hesaplanır.

$$x_e = \beta x_r + (1 - \beta)\bar{x} \quad (2.33)$$

$f_e = f(x_e)$ hesaplanır. Eğer $f_e < f_r$ koşulu sağlanıyorsa x_{n+1} ile x_e değerleri yer değiştirilir, aksi takdirde x_{n+1} ile x_r değerleri yer değiştirilir.

(4) Dışa büzülme. Eğer $f_n \leq f_r < f_{n+1}$ ise dışa büzülme noktası x_{oc} değeri hesaplanır.

$$x_{oc} = \gamma x_r + (1 - \gamma)\bar{x} \quad (2.34)$$

$f_{oc} = f(x_{oc})$ hesaplanır. Eğer $f_{oc} \leq f_r$ ise x_{n+1} ile x_{oc} değerleri yer değiştirilir, aksi takdirde adım 6'ya geçilir.

(5) İçe büzülme. Eğer $f_r \geq f_{n+1}$ ise, içe büzülme noktası x_{ic} hesaplanır.

$$x_{ic} = (1 + \gamma)\bar{x} - \gamma x_{n+1} \quad (2.35)$$

$f_{ic} = f(x_{ic})$ hesaplanır. Eğer $f_{ic} \geq f_{n+1}$ ise x_{n+1} ve x_{ic} değerleri yer değiştirilir, aksi takdirde adım 6'ya geçilir.

(6) Daralma. $2 \leq i \leq n+1$ koşulu için x_i değeri hesaplanır.

$$x_i = \delta x_i + (1 - \delta)x_1 \quad (2.36)$$

Durma kriteri, simpleksin bir yinelemeden k 'den diğerine $(k + 1)$ ne kadar taşındığının bir ölçüsüdür.

2.5.4.1. Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi (BCO-NM)

BCO-NM algoritmasının adımları aşağıda belirtildiği gibidir. (Küçükdeniz ve Esnaf, 2018)

- Adım 1: n adet müşterinin konum bilgilerinin bulunduğu veri kümesini belirle. Müşteri konumları: $a_i = (x_i, y_i)$. Burada i müşterisi düzlemde $i=1, 2, \dots, n$ olarak belirlenmektedir.
- Adım 2: BCO algoritmasını kullanarak öbek merkezi c_j konumlarını k adet tesis için hesapla.
- Adım 3: u_{ik} üyelik derecelerini kullanarak her bir müşteriyi öbek merkezlerini (tesislere) ata.
- Adım 4: Nelder-Mead algoritmasını kullanarak, her bir öbek merkezi içerisinde optimum tesis yerlerinin hesaplamasını yap ve c_j, a_i değerlerini sonuçlandır.
- Adım 5: $X_i \rightarrow c_j, a_j \rightarrow a_i$, Nelder-Mead algoritmasının son atamalarına göre toplam ulaştırma maliyetini hesapla.

2.5.4.2. Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi (RABCO-NM)

RABCO-NM algoritmasının adımları aşağıda belirtildiği gibidir.

- Adım 1: n adet müşterinin konum bilgilerinin bulunduğu veri kümesini belirle. Müşteri konumları: $a_i = (x_i, y_i)$. Burada i müşterisi düzlemde $i=1, 2, \dots, n$ olarak belirlenmektedir.
- Adım 2: RABCO algoritmasını kullanarak öbek merkezi c_j konumlarını k adet tesis için hesapla.
- Adım 3: u_{ik} üyelik derecelerini kullanarak her bir müşteriyi öbek merkezlerini (tesislere) ata.
- Adım 4: Nelder-Mead algoritmasını kullanarak, her bir öbek merkezi içerisinde optimum tesis yerlerinin hesaplamasını yap ve c_j, a_i değerlerini sonuçlandır.
- Adım 5: $X_i \rightarrow c_j, a_j \rightarrow a_i$, Nelder-Mead algoritmasının son atamalarına göre toplam ulaştırma maliyetini hesapla.

Literatüre bakıldığında, bir çok çalışmanın bulanık c-ortalamlar yöntemi ve türevleri ile tesis yeri seçimi problemine çözüm önerdikleri görülmektedir (Balasko ve diğ, 2005, Esnaf ve Küçükdeniz, 2009, 2013, 2018). Bu çalışmalarda, Bulanık C-Ortalamlar yöntemi ve hibrit yaklaşımlarının tesis yeri seçimi problemlerine etkin çözüm önerisi getirdiği tartışılmakta ve sonuçlar ile kanıtlanmaktadır. Bu tez çalışmasında, literatürde var olan, BCO, BCO-GM, RABCO, RABCO-GM, BCO-NM ve RABCO-NM yöntemlerinin seçilme nedeni, yapılan çalışmalar sonucunda tesis yeri seçimi problemine getirdiği çözümlerin etkin ve kanıtlanmış olmasıdır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Tez çalışmasının bu bölümünde, detayları alt bölüm 2.5’de verilmiş olan BCO, BCO-GM, RABCO, RABCO-GM, BCO-NM ve RABCO-NM yöntemlerinin hem olasılıklı hem de stokastik talep ve müşteri konumları dikkate alınarak yeniden formüle edilmesi için gerekli olan mesafe değerlerinin hesaplanması ve müşterilere verilecek olan ağırlıkların hesaplanma adımları tartışılmaktadır. Hesaplanan yeni mesafe ve ağırlık değerleri ile geliştirilen olasılıklı yöntemler OBCO, OBCO-GM, ORABCO, ORABCO-GM, OBCO-NM ve ORABCO-NM ve stokastik yöntemler olan SBCO, SBCO-GM, SRABCO, SRABCO-GM, SBCO-NM ve SRABCO-NM yöntemlerinin adımları detaylı olarak verilmiştir.

3.1. STOKASTİK TALEP VE KONUMLARIN MATEMATİKSEL GÖSTERİMİ

3.1.1. Olasılıklı ve Stokastik Yöntemlerde Uzaklığın Belirlenmesi

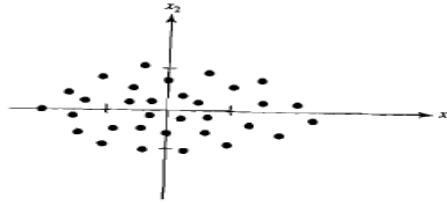
Bulanık C-Ortalamalar öbeklemesinde kullanılan uzaklık yöntemi genellikle Öklid uzaklığıdır. Esnaf ve Küçükdeniz (2013), önerdikleri Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar yönteminde de Öklid uzaklığını kullanarak çözüm önermişlerdir. Müşteri konumları sabit iken, $P=(x_1, x_2)$ konumunda olan müşterinin $Q=(y_1, y_2)$ konumundaki tesislere olan uzaklığını iki farklı parametre üzerinden Öklid uzaklığı ile bulunması aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$d(P, Q) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2} \quad (3.1)$$

N farklı parametre olduğunda Öklid uzaklığı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$d(P, Q) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_p - y_p)^2} \quad (3.2)$$

Değişken koordinatlara sahip noktalar olduğu durum Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1: Orijin etrafında değişken koordinatlara sahip noktalar örneği. (Johnson ve Wichern, 2007)

Şekil 3.1, değişken noktalarda dağılan koordinat değerlerinin (0,0) orijin noktasına Öklid uzaklığı yukarıda formüllerden farklı şekilde bulunmaktadır. Bunun sebebi, noktaların x_1 ekseninde varyansının daha fazla olmasıdır. Buradaki varsayım hem x_1 hem de x_2 değerlerinin koordinat düzlemi üzerinde normal dağılmasıdır.

Değişken koordinat değerleri üzerinden Öklid uzaklığı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır (Johnson ve Wichern, 2007):

$$d(P, O) = \sqrt{\left(\frac{\bar{x}_1}{\sqrt{s_{11}}}\right)^2 + \left(\frac{\bar{x}_2}{\sqrt{s_{22}}}\right)^2} \quad (3.3)$$

veya

$$d(P, O) = \sqrt{\frac{\bar{x}_1^2}{s_{11}} + \frac{\bar{x}_2^2}{s_{22}}} \quad (3.4)$$

Değişken koordinat değerlerine sahip noktaların orijin noktası haricindeki her hangi bir noktaya olan uzaklığı ise:

$$d(P, Q) = \sqrt{\frac{(\bar{x}_1 - y_1)^2}{s_{11}} + \frac{(\bar{x}_2 - y_2)^2}{s_{22}}} \quad (3.5)$$

$\bar{x}_1$: müşterinin x koordinatındaki konumunun ortalaması

$\bar{x}_2$: müşterinin y koordinatındaki konumunun ortalaması

s_{11} : müşterinin x koordinatındaki varyansı

s_{22} : müşterinin y koordinatındaki varyansı

3.1.2. Olasılıklı Yöntemlerde Taleplerin Hesaplanması

Tesis yeri seçimi uzun dönem kararlardan biridir. Bu sebeple, değişken talep değerlerinde gerçekleşen talep değerlerinin ortalaması uzun dönemdeki ortalama talebin ne olacağı konusunda bilgi içermektedir. Ancak, Charnes ve Cooper (1963), talebin beklenen değeri üzerinden optimizasyon modeli kurmanın, standart sapmalar düşünülmediği için doğru sonuçlar içermeyeceğini gösteren bir çalışma yapmışlardır. Berman ve Wang (2007), değişken talep değerlerinin olduğu tesis yeri seçimine çözüm önermişlerdir.

Bu tez çalışmasında geliştirilen modellerde, Esnaf ve Küçükdeniz (2013)'in çalışmasında önerdiği yöntemler esas alınarak toplam maliyeti minimum kılacak öbek merkezleri dolayısıyla tesis yerleri belirlenmiştir. Esnaf ve Küçükdeniz (2013)'in çalışmasında müşteri konumları ve talepleri sabit iken burada önerilen modellerde olasılıklı ve stokastik olarak ele alınmıştır. Müşteri taleplerinin normal dağılıma uygunluğu göz önünde bulundurularak, her bir müşteri için talebin önceden belirlenen bir hizmet düzeyini karşılaması istendiğinden aşağıdaki formülde verildiği gibi belirlenecektir.

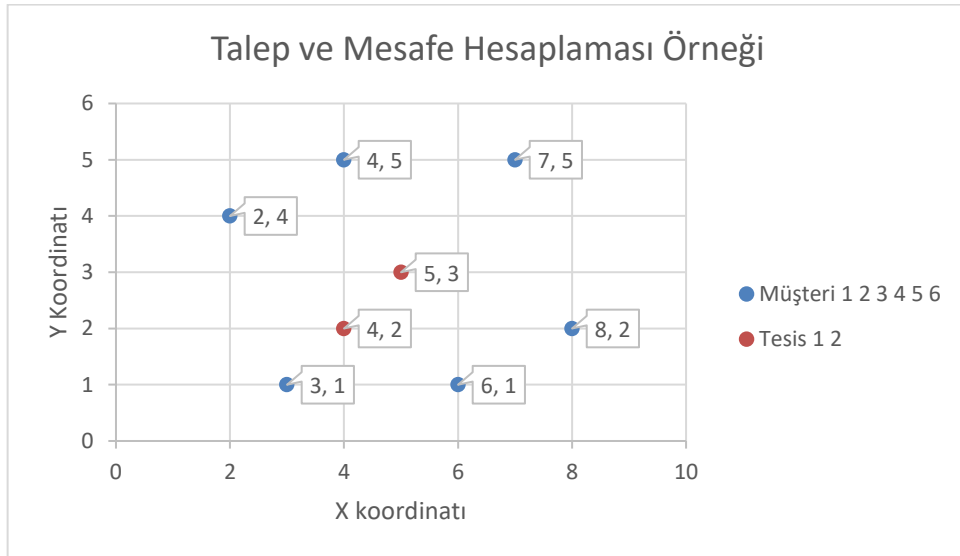
w_i i.müşterinin beklenen talebi, $\bar{w}_i$ i.müşterinin ortalama talebi, σ_{w_i} i.müşterinin talebinin standart sapması, z standart sapmaların sayısı ve $P(z \leq \frac{w_i - \bar{w}_i}{\sigma_{w_i}})$ i.müşterinin talebinin karşılanma yüzdesi ise müşterinin beklenen talebi normal dağılıma uygun olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$w_i = \bar{w}_i + z\sigma_{w_i} \quad (3.6)$$

3.1.3. Açıklayıcı Örnek

Tezin bu bölümünde, olasılıklı ve stokastik yöntemlerde hesaplanmakta olan uzaklık ve talep değerlerinin küçük veri kümesine sahip örnek üzerinden açıklanması yer almaktadır.

Şekil 3.2'de altı adet müşteri ve iki adet tesisin koordinat düzleminde gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.2: Talep ve mesafe hesaplaması örneği.

Tablo 3.1, 1. Müşterinin, yedi günlük talep değerlerini ve taleplerin gerçekleştiği koordinat noktalarını içermektedir. Konum bilgilerinin ve talebin normal dağıldığı göz önünde bulundurularak, 1. Müşterinin X koordinatındaki ortalaması 2, varyansı ise 0,3 değerini almaktadır.

Tablo 3.1: Açıklayıcı örnekteki 1. Müşterinin 7 günlük konum ve talep değerleri.

Gün	X Koordinatı	Y Koordinatı	Talep (Dakika)	Günlük Toplam Talep (Dakika)
1	1,97	3,90	3,24	18,98
1	1,93	4,06	2,11	
1	2,02	3,85	0,34	
1	1,93	4,01	7,48	
1	1,94	3,82	5,81	
2	2,17	3,48	9,68	21,51
2	1,98	3,84	11,83	
3	2,10	4,01	0,15	16,01
3	2,03	4,05	5,5	
3	2,02	4,08	10,36	
4	2,13	4,49	8,7	20,40
4	1,95	3,90	2,49	
4	2,04	3,85	1,73	
4	1,95	4,01	7,48	
5	1,98	4,38	10,15	20,15
5	2,00	4,15	5,45	
5	1,98	4,30	0,97	
5	2,03	3,97	2,16	
5	1,88	3,93	1,42	
6	1,84	4,39	3,87	21,73
6	1,93	4,35	4,04	
6	2,08	3,48	6,77	
6	1,95	3,94	0,99	
6	2,01	3,99	6,06	
7	1,84	3,63	1,21	21,24
7	2,14	3,68	2,33	
7	2,05	4,10	7,12	
7	2,03	4,11	8,66	
7	2,18	3,85	0,75	
7	2,03	4,27	1,17	

Tablo 3.2, Denklem 3.5 ve 3.7’de gösterilmekte olup, önerilen modellerde kullanılan talep ve uzaklık hesaplarının gösterimi için oluşturulan müşteri örnek veri kümesi bilgilerini içermektedir.

Tablo 3.2: Açıklayıcı örnekteki talep ve konum parametre değerleri.

Müşteri	X Koordinatı Ortalama Değeri	X Koordinatı Varyans Değeri	Y Koordinatı Ortalama Değeri	Y Koordinatı Varyans Değeri	Talebin Ortalama Değeri	Talebin Standart Sapma Değeri
1	2	0,3	4	0,5	20	2
2	4	0,2	5	0,1	15	1,1
3	3	0,1	1	0,1	12	1,2
4	6	0,1	1	0,2	21	3
5	7	0,2	5	0,15	12	1,5
6	8	0,15	2	0,2	25	3

Tablo 3.3, örnekteki tesis yerlerinin koordinat değerlerini içermektedir. Bu tesis yerlerinin noktaları önerilen yöntemlerdeki tek bir adımda bulunan tesis yerlerini simgelemektedir. Her bir adımda bu değerler üyelik derecelerine göre güncellenir.

Tablo 3.3: Açıklayıcı örnekteki tesis yerlerinin koordinatları.

Tesis	X Koordinat Değeri	Y Koordinat Değeri
1	4	2
2	5	3

3.1.3.1. Olasılıklı Yöntemler İçin Açıklayıcı Örneğin Gösterimi

Denklem 3.5 ve Denklem 3.6'nin önerilen modeller üzerinde uygulanması örnek üzerinde açıklanmaktadır. Örnek, tez çalışmasında önerilen yöntemlerin sadece tek bir adımını içermektedir.

Tablo 3.4, talep ve uzaklık hesaplama örneğindeki müşteriler ile tesis yerleri arasındaki mesafenin Denklem 3.5'e göre uygulandığında elde edilen sonuç değerlerini içermektedir.

Tablo 3.4: Açıklayıcı örnekteki müşteriler ve tesisler arasındaki olasılıklı uzaklık sonuçları.

Müşteri \ Tesis	1	2
1	4,62	5,66
2	9,49	6,71
3	4,47	8,94
4	6,71	5,48
5	10,25	6,83
6	10,33	8,06

Müşteri 1 ile Tesis 1 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(1,1) = \sqrt{\frac{(2-4)^2}{0,3} + \frac{(4-2)^2}{0,5}} = 4,62$$

Müşteri 1 ile Tesis 2 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(1,2) = \sqrt{\frac{(2-5)^2}{0,3} + \frac{(4-3)^2}{0,5}} = 5,66$$

Müşteri 2 ile Tesis 1 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(2,1) = \sqrt{\frac{(4-4)^2}{0,2} + \frac{(5-2)^2}{0,1}} = 9,49$$

Müşteri 2 ile Tesis 2 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(2,2) = \sqrt{\frac{(4-5)^2}{0,2} + \frac{(5-3)^2}{0,1}} = 6,71$$

Müşteri 3 ile Tesis 1 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(3,1) = \sqrt{\frac{(3-4)^2}{0,1} + \frac{(1-2)^2}{0,1}} = 4,47$$

Müşteri 3 ile Tesis 2 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(3,2) = \sqrt{\frac{(3-5)^2}{0,1} + \frac{(1-3)^2}{0,1}} = 8,94$$

Müşteri 4 ile Tesis 1 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(4,1) = \sqrt{\frac{(6-4)^2}{0,1} + \frac{(1-2)^2}{0,2}} = 6,71$$

Müşteri 4 ile Tesis 2 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(4,2) = \sqrt{\frac{(6-5)^2}{0,1} + \frac{(1-3)^2}{0,2}} = 5,48$$

Müşteri 5 ile Tesis 1 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(5,1) = \sqrt{\frac{(7-4)^2}{0,2} + \frac{(5-2)^2}{0,15}} = 10,25$$

Müşteri 5 ile Tesis 2 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(5,2) = \sqrt{\frac{(7-5)^2}{0,2} + \frac{(5-3)^2}{0,15}} = 6,83$$

Müşteri 6 ile Tesis 1 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(6,1) = \sqrt{\frac{(7-4)^2}{0,2} + \frac{(5-2)^2}{0,15}} = 10,25$$

Müşteri 6 ile Tesis 2 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$D(6,1) = \sqrt{\frac{(7-5)^2}{0,2} + \frac{(5-3)^2}{0,15}} = 6,83$$

Tablo 3.5, talep ve uzaklık hesaplama örneğindeki müşteri taleplerinin Denklem 3.6'ya göre hesaplanmasıyla elde edilen sonuçları içermektedir.

Tablo 3.5: Talep ve mesafe hesaplama örneğindeki olasılıklı ağırlıkların hesaplanması.

Ağırlık	
Müşteri	w_i
1	22,56
2	16,41
3	13,54
4	24,85
5	13,92
6	28,85

Örnekte, her bir müşteri için belirlenen müşteri hizmet düzeyi 0,9 olarak belirlenmiştir.

Böylece, $P\left(z \leq \frac{w_i - \bar{w}_i}{\sigma_{w_i}}\right) = 0,9$ hesaplaması her bir müşteri için hesaplanmıştır.

$$\text{Müşteri 1: } w_1 = \bar{w}_1 + z\sigma_{w_1} = 20 + 1,28 * 2 = 22,56$$

$$\text{Müşteri 2: } w_2 = \bar{w}_2 + z\sigma_{w_2} = 15 + 1,28 * 1,1 = 16,41$$

$$\text{Müşteri 3: } w_3 = \bar{w}_3 + z\sigma_{w_3} = 12 + 1,28 * 1,2 = 13,54$$

$$\text{Müşteri 4: } w_4 = \bar{w}_4 + z\sigma_{w_4} = 21 + 1,28 * 3 = 24,85$$

$$\text{Müşteri 5: } w_5 = \bar{w}_5 + z\sigma_{w_5} = 12 + 1,28 * 1,5 = 13,92$$

$$\text{Müşteri 6: } w_6 = \bar{w}_6 + z\sigma_{w_6} = 25 + 1,28 * 3 = 28,85$$

Toplam ulaştırma maliyeti= 738,65

Müşteri taleplerinin (w) ve tesislere olan uzaklıklarının bulunması (D) işleminden sonra, alt bölüm 3.2’de verilen üyelik dereceleri (μ , partiyon matrisi) hesaplaması yapılmaktadır. Üyelik derecelerinin hesaplanmasıyla yeni öbek merkezleri belirlenmektedir. Yeni oluşan öbek merkezlerine göre müşterilerin tesislere olan uzaklıkları değişmektedir. Dolayısıyla yerleri yeniden belirlenen öbek merkezleri için stokastik talep ve müşteri konumları ile hesaplanan toplam ulaştırma maliyeti de her adımda değişmektedir.

Denklem 3.5, her bir müşterinin konumlarının olasılık dağılımı Normal dağılıma uygun olduğu varsayımıyla hesaplanmaktadır. Burada herhangi tesisten talepte bulunan müşterilerin konumları stokastik yapıdadır. Tesis konumları her bir çözüm adımında güncellendikçe, müşterilerin tesislere olan uzaklıkları da müşteri konumlarının ve tesislerin yerlerinin değişmesiyle değişmektedir. Altinel ve diğ., (2009), Mousavi ve diğ. (2012), Mousavi ve diğ. (2013), müşteri konumlarının olasılık dağılımlarını tespit edip, Öklid mesafe hesaplamışlar ve düzlemde tesisten talepten bulunan müşterilerin konum dağılımlarının stokastik yapıda olduğu yaklaşımında bulunmuşlardır.

Benzer şekilde, Denklem 3.6 her bir müşterinin talep değerlerinin hesaplanması için kullanılmaktadır. Burada, tesise olan müşteri talep miktarı olasılıklı yapıdadır. Zhou ve Lui (2003), Mousavi ve diğ (2012), Beinek (2015), bu yaklaşımdan hareketle dağılımları bulunan müşteri taleplerinin tesise olasılıklı bir talep miktarı ile talep gerçekleştireceklerini belirtmişler ve tesis yeri seçim problemine çözüm önerisinde bulunmuşlardır

3.1.3.2. Stokastik Yöntemler İçin Açıklayıcı Örneğin Gösterimi

Stokastik yöntemlerin talep ve uzaklık değerleri belirlenirken, ilk adım olarak her bir müşteri için daha önceden belirlenmiş olan talep ve konum dağılımlarından rastgele değerler üretilir.

Adım 1: Talep ve koordinat dağılımlarına göre rastgele değer üret.

Örnek olarak müşteri 1 için üretilen X , Y ve talep rastgele değerleri hemen aşağıdaki gibi oluşturulmuştur. Algoritmaların, her bir adımında yeni rastgele değerler ile toplam ulaştırma maliyeti en küçüklenecektir.

Tablo 3.6: Açıklayıcı örnekteki müşterilerin rastgele üretilen talep değerleri.

Müşteri	Rastgele Üretilen X değeri $a_{1i} \sim N(\mu_{1i}, \sigma_{1i})$	Rastgele Üretilen Y değeri $a_{2i} \sim N(\mu_{2i}, \sigma_{2i})$	Rastgele Üretilen Talep Değeri $E[w_i] \sim N(\mu_{w_i}, \sigma_{w_i})$
1	2,1540	4,9088	18,78
2	3,7876	5,1660	15,95
3	2,9958	1,3268	11,99
4	5,6449	0,5873	16,95
5	6,4358	5,5732	11,07
6	8,1433	1,5771	30,16

Talep Değerinin Hesaplanması:

$$P(z \leq \frac{w_1 - \bar{w}_1}{\sigma_{w_1}}) = 0,2709$$

$$E[w_1] = \mu_{w_1} + z\sigma_{w_1} = 20 + (-0,61 * 2) = 18,78$$

$$P(z \leq \frac{w_2 - \bar{w}_2}{\sigma_{w_2}}) = 0,8049$$

$$E[w_2] = \mu_{w_2} + z\sigma_{w_2} = 15 + (0,86 * 1,1) = 15,95$$

$$P(z \leq \frac{w_3 - \bar{w}_3}{\sigma_{w_3}}) = 0,4961$$

$$E[w_3] = \mu_{w_3} + z\sigma_{w_3} = 12 + (-0,01 * 1,2) = 11,99$$

Uzaklık Ölçütünün Hesaplanması:

$$a_i (a_{1i} \sim N(\mu_{x1i}, \sigma_{x1i}), a_{2i} \sim N(\mu_{x2i}, \sigma_{x2i}))$$

$$E[d(a_i, c_j)] = \sqrt{\frac{(a_{1i} - c_{1j})^2}{s_{1i}} + \frac{(a_{2i} - c_{2j})^2}{s_{2i}}} \quad (3.7)$$

Müşteri 1 ile Tesis 1 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$P_{a1i}(\text{Rand}) = 0,61004, P_{a2i}(\text{Rand}) = 0,89991$$

$$a_{1i} = \mu_{x1i} + z * \sigma_{x1i} = 2 + 0,28 * 0,55 = 2,1540$$

$$a_{2i} = \mu_{x2i} + z * \sigma_{x2i} = 4 + 1,28 * 0,71 = 4,9088$$

$$E[D(1,1)] = \sqrt{\frac{(2,154 - 4)^2}{0,3} + \frac{(4,9088 - 2)^2}{0,5}} = 5,32$$

Müşteri 1 ile Tesis 2 arasındaki Öklid uzaklık ölçütünün hesaplanması:

$$E[D(1,2)] = \sqrt{\frac{(2,154 - 5)^2}{0,3} + \frac{(4,9088 - 3)^2}{0,5}} = 5,86$$

Benzer şekilde diğer müşteri ve tesisler arasındaki mesafenin hesaplanmasıyla oluşan uzaklık değerleri Tablo 3.7’de verilmektedir.

Tablo 3.7: Açıklayıcı örnekteki müşteriler ve tesisler arasındaki stokastik uzaklık sonuçları.

Tesis Müşteri	1	2
1	5,32	5,86
2	10,02	7,32
3	3,82	8,26
4	6,09	5,77
5	10,71	7,38
6	10,74	8,72

Toplam ulaştırma maliyeti= 704,96

3.2. ÖNERİLEN OLASILIKLI YÖNTEMLER

Bu bölümde detayları alt bölüm 2.4’de verilmiş olan BCO, BCO-GM, RABCO, RABCO-GM, BCO-NM ve RABCO-NM yöntemlerinin stokastik talep ve müşteri konumları dikkate alınarak yeniden formüle edilmesi ile geliştirilen olasılıklı yaklaşım içeren OBCO, OBCO-GM, ORABCO, ORABCO-GM, OBCO-NM ve ORABCO-NM yöntemlerinin adımları detaylı olarak verilmiştir.

3.2.1 Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (OBCO)

OBCO yöntemi BCO yönteminin olasılıklı müşteri konumlarının işlem adımlarına katıldığı versiyonudur. BCO yönteminin tesis yeri belirlemede her bir müşteriye eşit ağırlık derecesi vermesi sebebi ile müşterilerin talep değerleri modele etki etmemektedir.

Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar yöntemini adımları aşağıda açıklanmaktadır.

$$J_p(U, c) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k w_i(u_{ij})^p d(a_i, c_j) \quad (3.8)$$

Adım 1: Başlangıç olarak $U^{(0)} = [u_{ij}]$ üyelik matrisi rasgele atanır.

Adım 2: Öbek merkezlerinin hesaplanması:

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n (u_{ij})^p a_i}{\sum_{i=1}^n (u_{ij})^p} \quad (3.9)$$

Adım 3: Üyelik matrisinin güncellenmesi:

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{j=1}^k \left(\frac{a_i - c_i}{a_i - c_j} \right)^{\frac{2}{p-1}}} \quad (3.10)$$

Adım 4: Algoritma ardışık iki üyelik matrisi, U^k , $U^{(k+1)}$ kullanılarak elde edilen toplam maliyet (J_p) değeri arasındaki fark belli bir hata değerinden küçük olana kadar devam ettirilir.

c: öbek sayısı

n: müşteri sayısı

p: üyelik katsayısı

c_j: öbek merkezi *j*'nin koordinatları

U = [***u_{ij}***]: üyelik matrisi

a_i: müşteri *i*'nin koordinatları

J_p(U, c): maliyet fonksiyonu

d(a_i, c_j): Talep noktası *i* ile tesis *j* arasındaki olasılıklı Öklid uzaklığı

$$d(a_i, c_j) = \sqrt{\frac{(\bar{a}_{1i} - c_{1j})^2}{s_{1i}} + \frac{(\bar{a}_{2i} - c_{2j})^2}{s_{2i}}} \quad (3.11)$$

3.2.2. Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (ORABCO)

ORABCO yöntemi RABCO yönteminin müşteri talebi ve müşteri konumlarına göre olasılıklı halidir. ORABCO yönteminin adımları aşağıda detaylı olarak verilmektedir.

ORABCO:

Adım 1: Algoritmanın başında aşağıdaki değerler/sabitler belirlenir:

- Kümenin ayrılacağı alt küme sayısı, *k*,
- Alt kümelerin öbek merkezleri, $\{c_1, c_2, \dots, c_k\}$
- Bulanıklaştırma katsayısı, *p*,
- Durdurma katsayısı, $\varepsilon > 0$.

Adım 2: Müşterilerin olasılıklı talebi (*w_i*) hesaplanır.

$$P\left(z \leq \frac{w_i - \bar{w}_i}{\sigma_{w_i}}\right) = 0,9 \quad (3.12)$$

Adım 3: Müşterilerin tesislerden olasılıklı Öklid uzaklıkları $d(a_i, c_j)$ hesaplanır.

$$d(a_i, c_j) = \sqrt{\frac{(\bar{a}_{1i} - c_{1j})^2}{s_{1i}} + \frac{(\bar{a}_{2i} - c_{2j})^2}{s_{2i}}} \quad (3.13)$$

Adım 4: OBCO algoritmasının 3.adımı kullanılarak üyelik dereceleri (u_{ij}) hesaplanır.

Adım 5: Öbek merkezleri, Denklem 3.14'teki gibi tekrar hesaplanır.

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_{ij}^p a_i}{\sum_{i=1}^n w_i u_{ij}^p} \quad (3.14)$$

Adım 6: Ardışık iki öbek merkezleri (c_j) hesaplaması arasındaki fark belli bir hata değerinden büyük ise **2. Adım'a** gidilerek yinelemeler devam ettirilir, aksi halde algoritma durdurulur.

$\bar{x}_{1i}$: i müşterisinin x koordinatındaki konumunun ortalaması

$\bar{x}_{2i}$: i müşterisinin y koordinatındaki konumunun ortalaması

s_{1k} : i müşterinin x koordinatındaki varyansı

s_{2k} : i müşterinin y koordinatındaki varyansı

3.2.3. Olasılıklı Gravite Merkezi Yöntemi (OGM)

Olasılıklı gravite merkezi yöntemi öbek merkezlerinin yerlerinin iyileştirilmesi için uygulanmaktadır.

Olasılıklı gravite merkezi yöntemi ile öbek merkezlerinin yerlerinin iyileştirilmesi hemen aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır.

Öbek Merkezlerinin yeniden hesaplanması:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i w_i X_i}{\sum_i w_i} \quad (3.15)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i w_i Y_i}{\sum_i w_i} \quad (3.16)$$

Öbek merkezlerinin en son ve iyileştirilmiş x ve y koordinat noktalarını belirlemek için aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

$$\bar{X} = \frac{\sum_i w_i X_i / d(a_i, c_j)}{\sum_i w_i / d(a_i, c_j)} \quad (3.17)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i w_i Y_i / d(a_i, c_j)}{\sum_i w_i / d(a_i, c_j)} \quad (3.18)$$

w_i : i müşterisinin olasılıklı talebi

$\bar{X}$: öbek merkezinin x koordinat noktası

$\bar{Y}$: öbek merkezinin y koordinat noktası

$$d(a_i, c_j) = \sqrt{\frac{(\bar{a}_{1i} - c_{1j})^2}{s_{1i}} + \frac{(\bar{a}_{2i} - c_{2j})^2}{s_{2i}}} \quad (3.19)$$

$d(a_i, c_j)$ Talep noktası i ile tesis j arasındaki olasılıklı Öklid uzaklığı

3.2.4. Olasılıklı Nelder-Mead Yöntemi (ONM)

Nelder-Mead algoritması tanımlamak için dört skaler parametre belirtilmelidir: yansıma (α), genişleme (β), büzülme (γ) ve daralma (δ). Nelder ve Mead (1965) tarafından önerilen yöntemde $\alpha > 0$, $\beta > 1$, $0 < \gamma < 1$, $0 < \delta < 1$ koşullarının sağlanması gerekmektedir.

(1) Sıralama. f fonksiyonu $n + 1$ köşelerinde değerlendirilir ve köşeler fonksiyon değerlerine göre küçükten büyüğe sıralanır.

(2) Yansıma. Yansıma noktaları x_r 'nin hesaplanması.

$$x_r = (1 + \alpha)\bar{x} - \alpha x_{n+1} \quad (3.20)$$

$f_r = f(x_r)$ hesaplanır. Eğer $f_e < f_r$ ise x_{n+1} ile x_r değerleri yer değiştirilir.

(3) Genişleme: Eğer $f_r < f_1$ genişleme noktası x_e 'yi hesaplanır.

$$x_e = \beta x_r + (1 - \beta)\bar{x} \quad (3.21)$$

$f_e = f(x_e)$ hesaplanır. Eğer $f_e < f_r$ koşulu sağlanıyorsa x_{n+1} ile x_e değerleri yer değiştirilir, aksi takdirde x_{n+1} ile x_r değerleri yer değiştirilir.

(4) Dışa büzülme. Eğer $f_n \leq f_r < f_{n+1}$ ise dışa büzülme noktası x_{oc} değeri hesaplanır.

$$x_{oc} = \gamma x_r + (1 - \gamma)\bar{x} \quad (3.22)$$

$F_{oc}=f(x_{oc})$ hesaplanır. Eğer $f_{oc} \leq f_r$ ise x_{n+1} ile x_{oc} değerleri yer değiştirilir, aksi takdirde adım 6'ya geçilir.

(5) İçe büzülme. Eğer $f_r \geq f_{n+1}$ ise, içe büzülme noktası x_{ic} hesaplanır.

$$x_{ic} = (1 + \gamma)\bar{x} - \gamma x_{n+1} \quad (3.23)$$

$F_{ic}=f(x_{ic})$ hesaplanır. Eğer $f_{ic} \geq f_{n+1}$ ise x_{n+1} ve x_{ic} değerleri yer değiştirilir, aksi takdirde adım 6'ya geçilir.

(6) Daralma. $2 \leq i \leq n+1$ koşulu için x_i değeri hesaplanır.

$$x_i = \delta x_i + (1 - \delta)x_1 \quad (3.24)$$

Durma kriteri, simpleksin bir yinelemeden k 'den diğerine $(k + 1)$ ne kadar taşındığının bir ölçüsüdür.

Olasılıklı Nelder-Mead yönteminde bulunan amaç fonksiyonu değerleri (f), Denklem 3.19'da belirtilen olasılıklı Öklid metriği $d(a_i, c_j)$ ve müşteri talepleri (w_i) ile hesaplanmaktadır.

ONM adımları aşağıdaki gibidir.

Adım 1: n adet müşterinin konum bilgilerinin bulunduğu veri kümesini belirle. Müşteri konumları: $a_i = (x_i, y_i)$. Burada i müşterisi düzlemde $i=1, 2, \dots, n$ olarak belirlenmektedir.

Adım 2: Olasılıklı yöntemleri kullanarak (OBCO/ ORABCO) kullanarak öbek merkezi c_j konumlarını k adet tesis için hesapla.

Adım 3: u_{ik} üyelik derecelerini kullanarak her bir müşteriyi öbek merkezlerini (tesislere) ata.

Adım 4: Nelder-Mead algoritmasını kullanarak, her bir öbek merkezi içerisinde optimum tesis yerlerinin hesaplamasını yap ve c_j , a_i değerlerini sonuçlandır.

Adım 5: $X_i \rightarrow c_j$, $a_j \rightarrow a_i$, Nelder-Mead algoritmasının son atamalarına göre toplam ulaştırma maliyetini hesapla.

3.2.5. Olasılıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi Yöntemi (OBCO-GM) ve Olasılıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Nelder-Mead Yöntemi (OBCO-NM)

OBCO algoritması ile birlikte Olasılıklı GM veya NM algoritmalarından biri kullanılarak elde edilmiştir. Aşağıda bu hibrit algoritmanın aşamaları listelenmiştir.

Adım1: Müşterilerin olasılıklı talebi (w_i) hesaplanır.

Adım2: Müşterilerin tesislerden olasılıklı Öklid uzaklıkları $d(a_i, c_j)$ hesaplanır.

Adım2: Müşteriler k -adet (c_k) alt öbeğe ORABCO algoritması kullanılarak ayrılır. Bunun için:

Adım 2.1: ORABCO ile k -adet öbek merkezi belirlenir.

Adım 2.2: Müşteriler kendilerine en yakın öbek merkezi ile eşleştirilir. Öbek merkezlerine eşleştirilen müşteriler ile alt öbekler oluşturulur.

Adım2: Her alt öbek için ayrı ayrı olmak üzere, öbek merkezleri Olasılıklı GM veya NM algoritmalarından biri kullanılarak yeniden belirlenir.

Adım3: Üyelik dereceleri (u_{ij}) hesaplanır.

Adım4: Algoritma ardışık iki üyelik matrisi, $U_k, U_{(k+1)}$ kullanılarak elde edilen toplam maliyet (J_p) değeri arasındaki fark belli bir hata değerinden büyük ise **2. Adım'a** gidilerek yinelemeler devam ettirilir, aksi halde algoritma durdurulur.

Algoritma durdurulduğunda, öbek merkezlerinin son hali sabitlenir ve müşteriler bunlara göre alt öbeklere ayrılır. Böylece n adet nokta k adet alt kümeye toplam maliyet en az olacak şekilde ayrılmış olur.

3.2.6. Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi (ORABCO-GM) ve Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi (ORABCO-NM)

ORABCO algoritması ile birlikte Olasılıklı GM veya NM algoritmalarından biri kullanılarak elde edilmiştir. Aşağıda bu hibrit algoritmanın aşamaları listelenmiştir.

Adım1: Müşterilerin olasılıklı talebi (w_i) hesaplanır.

Adım2: Müşterilerin tesislerden olasılıklı Öklid uzaklıkları $d(a_i, c_j)$ hesaplanır.

Adım3: Müşteriler k -adet (c_k) alt öbeğe ORABCO algoritması kullanılarak ayrılır. Bunun için:

Adım 3.1: ORABCO ile k -adet öbek merkezi belirlenir.

Adım 3.2: Müşteriler kendilerine en yakın öbek merkezi ile eşleştirilir. Öbek merkezlerine eşleştirilen müşteriler ile alt öbekler oluşturulur.

Adım 4: Her alt öbek için ayrı ayrı olmak üzere, öbek merkezleri Olasılıklı GM veya NM algoritmalarından biri kullanılarak yeniden belirlenir.

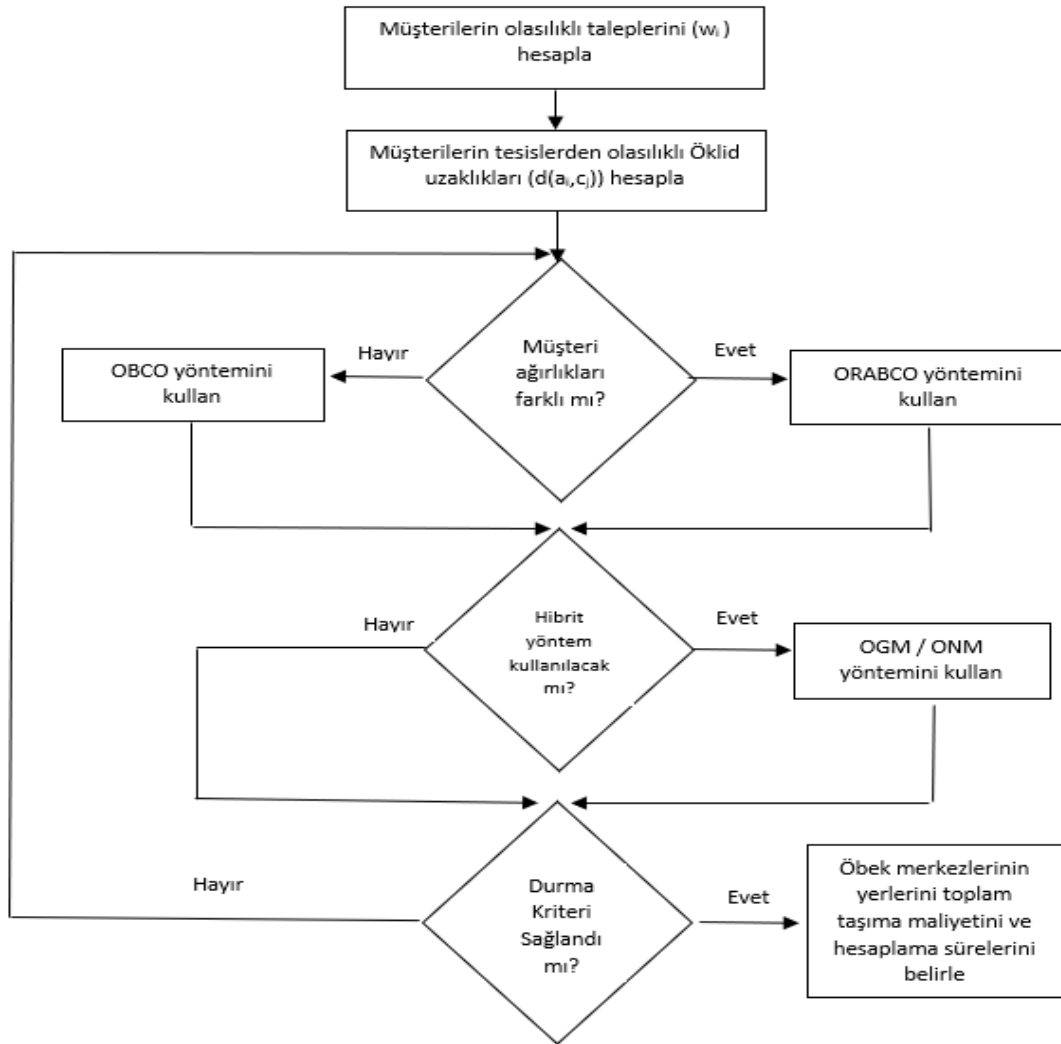
Adım 5: Üyelik dereceleri (u_{ij}) hesaplanır.

Adım 6: Ardışık iki öbek merkezi (c_j) hesaplaması arasındaki fark belli bir hata değerinden büyük ise **2. Adım'a** gidilerek yinelemeler devam ettirilir, aksi halde algoritma durdurulur.

Algoritma durdurulduğunda, öbek merkezlerinin son hali sabitlenir ve müşteriler bunlara göre alt öbeklere ayrılır. Böylece n adet nokta k adet alt kümeye toplam maliyet en az olacak şekilde ayrılmış olur.

3.2.7. Önerilen Olasılıklı Yöntemlerin Akış Diagramı

Önerilen tüm olasılıklı yöntemlerin akış diagramı Şekil 3.3'te verilmektedir.



Şekil 3.3: Önerilen tüm olasılıklı yöntemlerin akış diagramı.

3.3. ÖNERİLEN STOKASTİK YÖNTEMLER

Bu bölümde detayları alt bölüm 2.5’de verilmiş olan BCO, BCO-GM, RABCO, RABCO-GM, BCO-NM ve RABCO-NM yöntemlerinin stokastik talep ve müşteri konumları dikkate alınarak yeniden formüle edilmesi ile geliştirilen stokastik yaklaşım içeren SBCO, SBCO-GM, SRABCO, SRABCO-GM, SBCO-NM ve SRABCO-NM yöntemlerinin adımları detaylı olarak verilmiştir. Ayrıca, Stokastik çoklu tesisli weber problemi detayları ile verilmektedir. Olasılık yöntemlerden farklı olarak burada her iterasyonda farklı ağırlık ve uzaklık değerleri rasgele sayılarla türetilerek çözüme dahil edilmiştir.

3.3.1. Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (SBCO)

SBCO yöntemi BCO yönteminin stokastik müşteri konumlarının işlem adımlarına katıldığı versiyonudur. BCO yönteminin tesis yeri belirlemede her bir müşteriye eşit ağırlık derecesi vermesi sebebi ile müşterilerin talep değerleri modele etki etmemektedir.

Stokastik Bulanık C-Ortalamlar yöntemini adımları aşağıda açıklanmaktadır.

$$J_p(U, c) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k E[w_i] (u_{ij})^p E[d(a_i, c_j)] \quad (3.25)$$

Adım 1: Müşterilerin talepleri $E[w_i] \sim N(\mu_{w_i}, \sigma_{w_i})$ ve koordinatları a_i ($a_{i1} \sim N(\mu_{a_{i1}}, \sigma_{a_{i1}})$, $a_{i2} \sim N(\mu_{a_{i2}}, \sigma_{a_{i2}})$) talep ve koordinatlarının ortalamaları ve standart sapmalarına göre tesadüfi sayılarla rasgele olarak belirlenir.

Adım 2: Başlangıç olarak $U^{(0)} = [u_{ij}]$ üyelik matrisi rasgele atanır.

Adım 3: Öbek merkezlerinin hesaplanması:

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n (u_{ij})^p a_i}{\sum_{i=1}^n (u_{ij})^p} \quad (3.26)$$

Adım 4: Üyelik matrisinin güncellenmesi:

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{j=1}^k \left(\frac{a_i - c_i}{a_i - c_j} \right)^{\frac{2}{p-1}}} \quad (3.27)$$

Adım 5: Algoritma ardışık iki üyelik matrisi, U^k , $U^{(k+1)}$ kullanılarak elde edilen toplam maliyet (J_p) değeri arasındaki fark belli bir hata değerinden büyük ise **1. Adım'a** gidilerek yinelemeler devam ettirilir, aksi halde algoritma durdurulur.

c : öbek sayısı

n : müşteri sayısı

p : üyelik katsayısı

c_j : öbek merkezi j 'nin koordinatları

$[u_{ij}]$: üyelik matrisi

a_i : müşteri i 'nin koordinatları

$J_p(U, c)$: maliyet fonksiyonu

$E[d(a_i, c_j)]$: Talep noktası i ile tesis j arasındaki stokastik Öklid uzaklığı

$$E[d(a_i, c_j)] = \sqrt{\frac{(a_{1i} - c_{1j})^2}{s_{1i}} + \frac{(a_{2i} - c_{2j})^2}{s_{2i}}} \quad (3.28)$$

$E[w_i]$: i müşterisinin stokastik talebi

$$E[w_i] = P\left(z \leq \frac{w_i - \bar{w}_i}{\sigma_{w_i}}\right) = \delta \quad (3.29)$$

3.3.2. Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar Yöntemi (SRABCO)

SRABCO yöntemi RABCO yönteminin müşteri talebi ve müşteri konumlarına göre stokastik halidir. SRABCO yönteminin adımları aşağıda detaylı olarak verilmektedir.

SRABCO:

Adım 1: Algoritmanın başında aşağıdaki değerler/sabitler belirlenir:

- Kümenin ayrılacağı alt küme sayısı, k ,
- Alt kümelerin öbek merkezleri, $\{c_1, c_2, \dots, c_k\}$
- Bulanıklaştırma katsayısı, p ,
- Durdurma katsayısı, $\varepsilon > 0$.

Adım 2: Müşterilerin talepleri $E[w_i] \sim N(\mu_{w_i}, \sigma_{w_i})$ ve koordinatları a_i ($a_{1i} \sim N(\mu_{a1i}, \sigma_{a1i})$, $a_{2i} \sim N(\mu_{a2i}, \sigma_{a2i})$) talep ve koordinatlarının ortalamaları ve standart sapmalarına göre tesadüfi sayılarla rasgele olarak belirlenir.

Adım 3: Müşterilerin tesislerden stokastik Öklid uzaklıkları $E[d(a_i, c_j)]$ hesaplanır.

$$E[d(a_i, c_j)] = \sqrt{\frac{(a_{1i} - c_{1j})^2}{s_{1i}} + \frac{(a_{2i} - c_{2j})^2}{s_{2i}}} \quad (3.30)$$

Adım 4: OBCO algoritmasının 3.adımı kullanılarak üyelik dereceleri (u_{ij}) hesaplanır.

Adım 5: Öbek merkezleri, Denklem 3.31'deki gibi tekrar hesaplanır.

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n E[w_i] u_{ij}^p a_i}{\sum_{i=1}^n E[w_i] u_{ij}^p} \quad (3.31)$$

Adım 6: Ardışık iki öbek merkezleri (c_j) hesaplaması arasındaki fark belli bir hata değerinden büyük ise **2. Adım'a** gidilerek yinelemeler devam ettirilir, aksi halde algoritma durdurulur.

a_{1i} : i müşterisinin x koordinatındaki rasgele değeri

a_{2i} : i müşterisinin y koordinatındaki rasgele değeri

s_{1k} : i müşterisinin x koordinatındaki varyansı

s_{2k} : i müşterisinin y koordinatındaki varyansı

3.3.3. Stokastik Gravite Merkezi ve Nelder-Mead Yöntemleri

Stokastik gravite merkezi ve Nelder-Mead yöntemleri, olasılıklı gravite merkezi ve Nelder-Mead yöntemlerinden farklı olarak, sırasıyla, $d(a_i, c_j)$ yerine $E[d(a_i, c_j)]$ formülünü ve w_i yerine $E[w_i]$ formülünü kullanır.

3.3.4. Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi (SBCO-GM) ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder Mead (SBCO-NM) Algoritmaları

SBCO algoritması ile birlikte stokastik GM veya NM algoritmalarından biri kullanılarak elde edilmiştir. Aşağıda bu hibrit algoritmanın aşamaları listelenmiştir.

Adım 1: Müşterilerin talepleri $E[w_i] \sim N(\mu_{w_i}, \sigma_{w_i})$ ve koordinatları a_i ($a_{1i} \sim N(\mu_{a1i}, \sigma_{a1i})$, $a_{2i} \sim N(\mu_{a2i}, \sigma_{a2i})$) talep ve koordinatlarının ortalamaları ve standart sapmalarına göre tesadüfi sayılarla rasgele olarak belirlenir.

Adım 2: Müşteriler k -adet(neyse) alt öbeğe SRABCO algoritması kullanılarak ayrılır.

Bunun için:

Adım 2.1: SBCO ile k -adet öbek merkezi belirlenir.

Adım 2.2: Müşteriler kendilerine en yakın öbek merkezi ile eşleştirilir. Öbek merkezlerine eşleştirilen müşteriler ile alt öbekler oluşturulur.

Adım 3: Her alt öbek için ayrı ayrı olmak üzere, öbek merkezleri stokastik GM veya NM algoritmalarından biri kullanılarak yeniden belirlenir.

Adım 4: Üyelik dereceleri (u_{ij}) hesaplanır.

Adım 5: Ardışık iki üyelik derecesi hesaplaması arasındaki fark belli bir hata değerinden büyük ise **1. Adım'a** gidilerek yinelemeler devam ettirilir, aksi halde algoritma durdurulur.

Algoritma durdurulduğunda, öbek merkezlerinin son hali sabitlenir ve müşteriler bunlara göre alt öbeklere ayrılır. Böylece n adet nokta k adet alt kümeye toplam maliyet en az olacak şekilde ayrılmış olur. Ayrıca öbek merkezleri ile toplam maliyetlerin ortalama ve standart sapmaları da hesaplanır.

3.3.5. Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi (SRABCO-GM) ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder Mead (SRABCO-NM) Algoritmaları

SRABCO algoritması ile birlikte stokastik GM veya NM algoritmalarından biri kullanılarak elde edilmiştir. Aşağıda bu hibrit algoritmanın aşamaları listelenmiştir.

Adım 1: Müşterilerin talepleri $E[w_i] \sim N(\mu_{w_i}, \sigma_{w_i})$ ve koordinatları a_i ($a_{1i} \sim N(\mu_{a1i}, \sigma_{a1i})$, $a_{2i} \sim N(\mu_{a2i}, \sigma_{a2i})$) talep ve koordinatlarının ortalamaları ve standart sapmalarına göre tesadüfi sayılarla rasgele olarak belirlenir.

Adım 2: Müşteriler k -adet (c_k) alt öbeğe SRABCO algoritması kullanılarak ayrılır.

Bunun için:

Adım 2.1: SRABCO ile k -adet öbek merkezi belirlenir.

Adım 2.2: Müşteriler kendilerine en yakın öbek merkezi ile eşleştirilir. Öbek merkezlerine eşleştirilen müşteriler ile alt öbekler oluşturulur.

Adım 3: Her alt öbek için ayrı ayrı olmak üzere, öbek merkezleri stokastik GM veya NM algoritmalarından biri kullanılarak yeniden belirlenir.

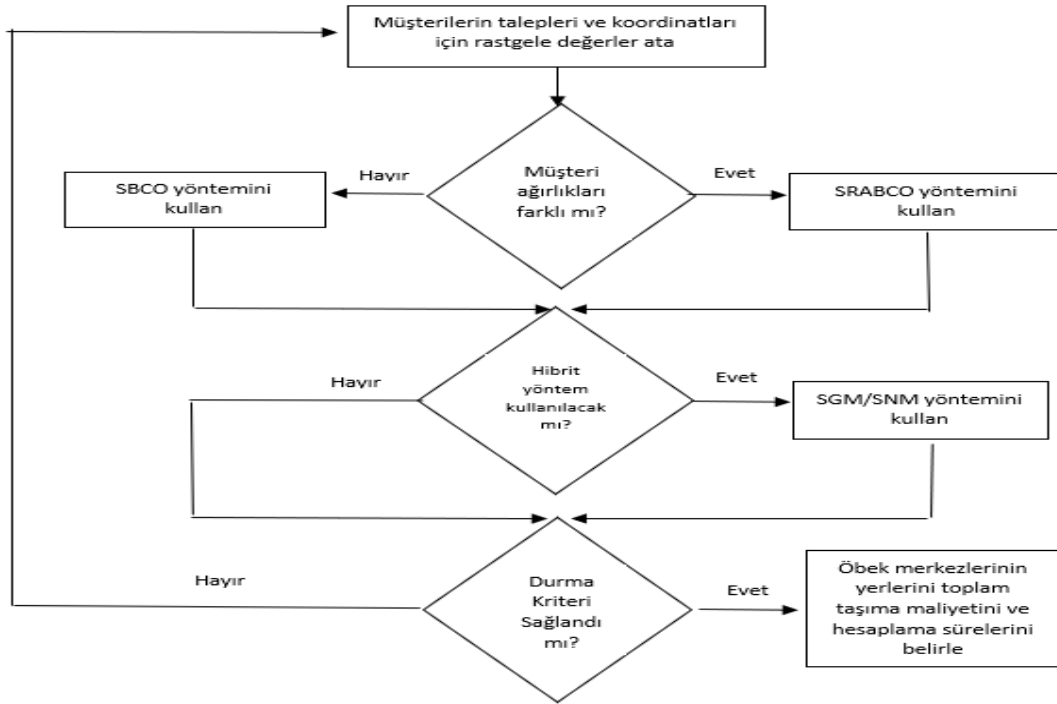
Adım 4: Üyelik dereceleri (u_{ij}) hesaplanır.

Adım 5: Ardışık iki öbek merkezi (c_j) hesaplaması arasındaki fark belli bir hata değerinden büyük ise **1. Adım'a** gidilerek yinelemeler devam ettirilir, aksi halde algoritma durdurulur.

Algoritma durdurulduğunda, öbek merkezlerinin son hali sabitlenir ve müşteriler bunlara göre alt öbeklere ayrılır. Böylece n adet nokta k adet alt kümeye toplam maliyet en az olacak şekilde ayrılmış olur. Ayrıca öbek merkezleri ile toplam maliyetlerin ortalama ve standart sapmaları da hesaplanır.

3.3.6. Önerilen Stokastik Yöntemlerin Akış Diagramı

Önerilen tüm olasılıklı yöntemlerin akış diagramı Şekil 3.4'te verilmektedir.



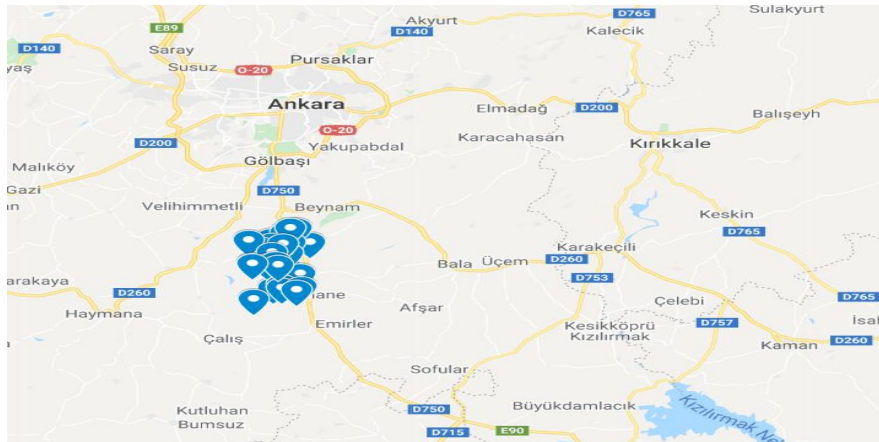
Şekil 3.4: Önerilen tüm stokastik yöntemlerin akış diagramı.

4. BULGULAR

Tez çalışmasının uygulama bölümünde kullanılan veriler, Türkiye’de faaliyet gösteren bir telekomünikasyon firmasından alınmıştır ve gizlilik gereği firmanın adı verilmemiştir. Kullanılmakta olan veriler, değişken müşteri konumları ve her bir konumdan yapılan arama dakikalarını içermektedir. Telefon ile konuşma verisi ele alınmakta olan probleme uygunluk göstermesi sebebiyle seçilmiştir. Bu veride müşteri konumlarının ve taleplerinin değişkenliği önerilecek olan baz istasyonlarının yerlerinin seçimi için büyük bir önem ulaştırmaktadır. Bu çalışmada ulaşılmak istenen sonuç, değişken müşteri konumları ve taleplerinin olduğu bir problemde doğru tesis yeri seçiminin yapılmasını sağlamaktır.

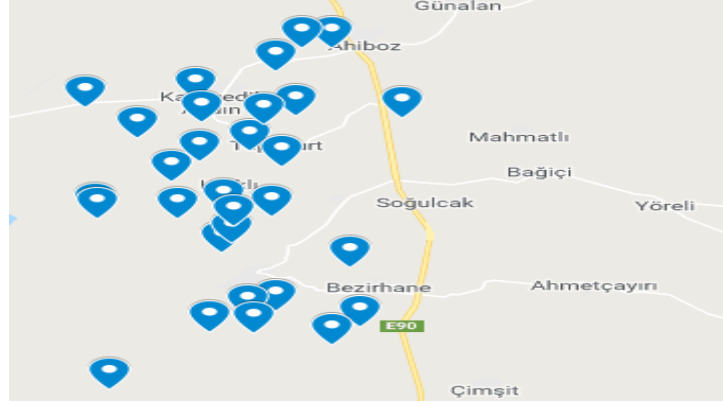
Tez çalışmasında Normal dağılım uygunluk testlerinin yapılması için Minitab 17 ve Rockwell Arena 11 programlarından yararlanılırken, öbekleme modelleri MATLAB R2016b programı ile oluşturulmuştur. Sonuçlar, Intel i7 2,0 Ghz işlemci hızına sahip 16 gb Ram içeren bilgisayar ile elde edilmiştir.

Müşteri taleplerinin ve müşteri konumlarının değişken olduğu tesis yeri seçimi problemine bu çalışmada önerilen modeller için, çözüm adımlarını gösterecek az sayıda müşterinin olduğu örnek veri ele alınmaktadır. Örnek veride, toplam 30 farklı müşteri için 4 adet tesisin koordinatları bulunmak istenmektedir. Her bir müşterinin konum bilgileri ve geçmiş talep değerlerinin (dakika) bilindiği varsayılmaktadır. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de 1. müşterinin 30 günlük talep verisinin hangi konumlardan geldiği Türkiye haritasında detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.1: 1. müşterinin talep değerlerinin Türkiye haritası üzerinde uzaktan gösterimi.

Şekil 4.1’de 1. müşterinin 30 günlük talep değerinin konumları Türkiye haritası üzerinde uzaktan gösterilmektedir.



Şekil 4.2: 1. müşterinin talep noktalarının Türkiye haritası üzerinde detaylı gösterimi.

Şekil 4.2’de 1. müşterinin 30 günlük talebinin konumları Türkiye haritası üzerinde detaylı olarak gösterilmektedir.

Müşterinin 30 günlük talebinin gerçekleştiği koordinat bilgileri ve talep değerleri Tablo 4.1’de verilmektedir.

Tablo 4.1: 1. Müşteriye ait koordinat ve talep değerleri.

Gün	X Koordinatı	Y Koordinatı	Talep (Dakika)	Günlük Toplam Talep (Dakika)
1	39,51591	32,81727	5,8	13,38
1	39,57444	32,79142	5,93	
1	39,56495	32,86238	1,65	
2	39,53325	32,78307	5,72	27,45
2	39,5487	32,80965	8,62	
2	39,49776	32,80064	3,74	
2	39,45794	32,79614	5,27	
2	39,46842	32,81878	4,1	
3	39,50263	32,80376	7,78	21,14
3	39,59974	32,83811	3,69	
3	39,58825	32,81912	5,62	
3	39,56283	32,79365	4,05	14,11
4	39,55506	32,77126	4,19	
4	39,56585	32,82596	4,36	
4	39,54083	32,82063	5,55	

Tablo 4.1(devam)

Gün	X Koordinatı	Y Koordinatı	Talep (Dakika)	Günlük Toplam Talep (Dakika)
5	39,59985	32,828	4,91	29,66
5	39,56166	32,81454	5,93	
5	39,5704	32,75363	3,23	
5	39,49034	32,84425	3,65	
5	39,4661	32,80938	6,03	
5	39,51653	32,7573	5,9	
6	39,4574	32,81132	5,84	5,84
7	39,42908	32,762	4,86	8,97
7	39,54318	32,79304	4,11	
8	39,51466	32,78549	4,43	4,43
9	39,51888	32,80071	3,32	13,56
9	39,46042	32,84763	4,57	
9	39,45165	32,83782	5,67	
10	39,51068	32,80447	5,31	14,81
10	39,51487	32,75802	3,69	
10	39,51591	32,81727	5,82	
11	39,57444	32,79142	4,54	10,92
11	39,56495	32,86238	3,42	
11	39,50263	32,80376	2,96	
12	39,59974	32,83811	5,55	20,37
12	39,58825	32,81912	4,61	
12	39,56283	32,79365	2,58	
12	39,55506	32,77126	7,62	
13	39,56585	32,82596	4,58	21,05
13	39,5704	32,75363	4,52	
13	39,49034	32,84425	6,44	
13	39,4661	32,80938	3,74	
13	39,51591	32,81727	1,76	
14	39,57444	32,79142	6,56	20,82
14	39,45794	32,79614	4,43	
14	39,46842	32,81878	5,14	
14	39,50263	32,80376	4,68	
15	39,59974	32,83811	4,81	9,3
15	39,58825	32,81912	4,49	
16	39,56283	32,79365	2,99	21,33
16	39,50263	32,80376	5,49	
16	39,51591	32,81727	3,05	
16	39,57444	32,79142	5,28	
16	39,51591	32,81727	4,52	

Tablo 4.1 (devam)

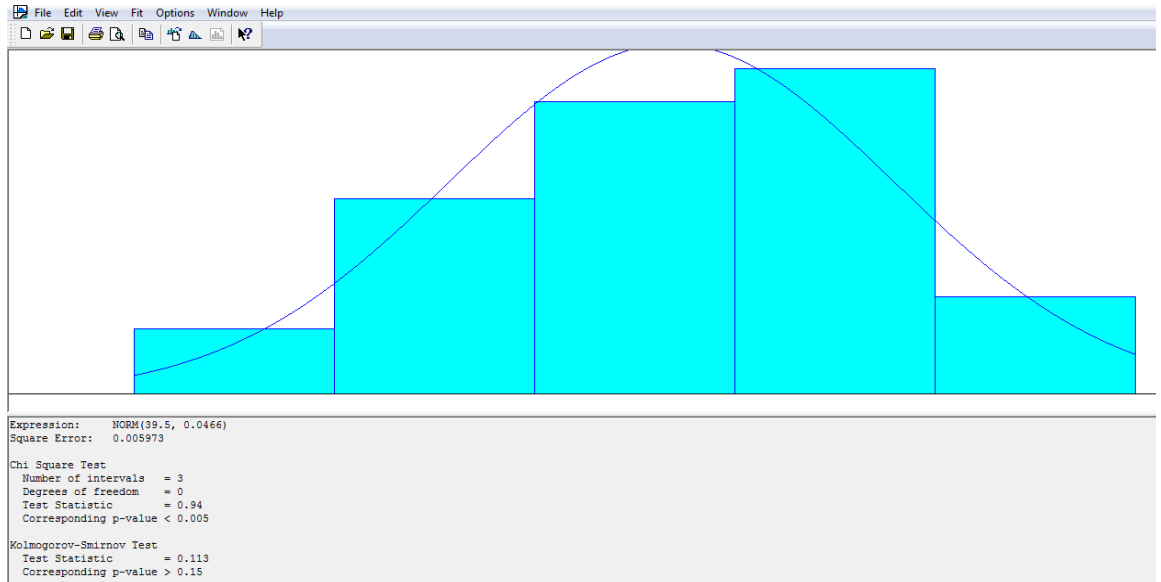
Gün	X Koordinatı	Y Koordinatı	Talep (Dakika)	Günlük Toplam Talep (Dakika)
17	39,57444	32,79142	3,47	11,89
17	39,45794	32,79614	3,51	
17	39,50263	32,80376	4,91	
18	39,45794	32,79614	4,96	32,45
18	39,46842	32,81878	5,29	
18	39,50263	32,80376	5,31	
18	39,54083	32,82063	2,1	
18	39,59985	32,828	3,89	
18	39,56166	32,81454	6,17	
18	39,5704	32,75363	4,73	
19	39,51591	32,81727	4,62	30,69
19	39,57444	32,79142	6,13	
19	39,59974	32,83811	7,14	
19	39,58825	32,81912	3,01	
19	39,56283	32,79365	3,65	
19	39,45794	32,79614	6,15	
20	39,51591	32,81727	3,07	24,56
20	39,57444	32,79142	5,12	
20	39,45794	32,79614	2,52	
20	39,46842	32,81878	2,6	
20	39,50263	32,80376	6,38	
20	39,45794	32,79614	4,86	
21	39,50263	32,80376	3,14	19,28
21	39,51591	32,81727	6,9	
21	39,57444	32,79142	4,88	
21	39,54083	32,82063	4,36	
22	39,59985	32,828	5,55	27,37
22	39,56166	32,81454	5,12	
22	39,5704	32,75363	7,58	
22	39,45794	32,79614	3,37	
22	39,50263	32,80376	5,74	
23	39,57444	32,79142	6,37	23,32
23	39,59974	32,83811	5,51	
23	39,58825	32,81912	3,5	
23	39,56283	32,79365	1,98	
23	39,45794	32,79614	5,97	
24	39,51591	32,81727	8,37	13,33
24	39,57444	32,79142	4,96	

Tablo 4.1 (devam)

Gün	X Koordinatı	Y Koordinatı	Talep (Dakika)	Günlük Toplam Talep (Dakika)
25	39,45794	32,79614	6,34	6,34
26	39,50263	32,80376	4,24	4,24
27	39,51591	32,81727	4,15	13,15
27	39,57444	32,79142	4,3	
27	39,45794	32,79614	4,7	
28	39,50263	32,80376	2,68	6,4
28	39,51591	32,81727	3,72	
29	39,57444	32,79142	1,88	5,34
29	39,45794	32,79614	3,46	
30	39,50263	32,80376	5,87	12,65
30	39,51591	32,81727	1,89	
30	39,57444	32,79142	4,88	

Tablo 4.1’de, 1.müşteri için önerilen modelde kullanılan tüm veriler gösterilmektedir. Örneğin, 1.müşterinin ilk talebi 5,8 iken bu talep 39,51591, 32,81727 koordinatlarında gerçekleşmiştir.

Önerilen modelde kullanılan verilerin dağılımlarını tespit etmek için Arena programının girdi analizi kullanılmaktadır, 1. müşterinin x koordinatının dağılım testi Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

**Şekil 4.3:** 1. Müşterinin x koordinatının dağılım testi.

Her bir müşterinin koordinat değerlerinin ve gerçekleşen taleplerinin dağılımları bu şekilde belirlenmektedir. Örnek problem için alınan koordinat ve talep verilerinin normal dağılıma uygunluk gösterdiği varsayılmaktadır.

Her bir müşterinin koordinatlarının ortalamalarının bulunduğu noktalar Şekil 4.4`de Türkiye haritası üzerinde işaretlenmiş olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.4: Müşteri koordinatlarının ortalamalarının harita üzerinde gösterimi.

Önerilen modelde kullanılmakta olan veriler, her bir müşterinin koordinatlarını ve gerçekleşen taleplerini içermektedir.

Matematiksel modelde kullanılmakta olan müşteri bilgileri Tablo 4.2`de verilmektedir.

Tablo 4.2: Müşteri koordinat noktaları ve gerçekleşen talep değerleri örnek verisi.

Müşteri	Müşteri Koordinatları				Talep	
	Ortalama X	Standart Sapma X	Ortalama Y	Standart Sapma Y	Ortalama Talep	Standart Sapma Talep
1	39,52117	0,0474	32,80814	0,027336	16,27	8,4
2	41,36049	0,111983	27,44681	0,01954	13,62	8,58
3	40,91369	0,06311	26,83157	0,010056	26,23	6,10
4	41,13442	0,029997	27,35892	0,025752	26,91	5,99
5	41,17883	0,031612	28,87503	0,005364	15,42	5,14
6	39,45869	0,017174	27,82034	0,690512	27,40	4,20
7	40,17905	0,007489	28,72122	0,615728	29,25	9,20
8	39,33984	0,017789	30,28128	0,408051	20,48	4,00
9	38,08287	0,016814	27,5347	0,295475	7,42	5,86
10	39,13562	0,006649	28,897	0,008481	27,25	1,13
11	37,44016	0,013271	28,85306	0,020287	12,86	5,30
12	36,98519	0,301482	31,20413	0,013381	25,40	6,28
13	36,92049	0,014909	33,42337	0,269079	22,76	4,18
14	40,64748	0,006032	32,01712	0,304112	22,98	2,09
15	38,18657	0,152032	33,75296	0,089777	25,32	7,55
16	40,35201	0,058263	34,0386	0,982493	8,24	3,03

Tablo 4.2 (devam)

Müşteri	Müşteri Koordinatları				Talep	
	Ortalama X	Standart Sapma X	Ortalama Y	Standart Sapma Y	Ortalama Talep	Standart Sapma Talep
17	41,04639	0,068147	34,63187	0,041668	16,11	2,35
18	37,92705	0,021893	35,13724	0,005426	14,66	8,84
19	39,64506	0,073513	34,87357	0,008724	39,15	8,47
20	39,82559	0,306453	35,77444	0,012367	39,80	10,51
21	38,89122	0,033647	37,53226	0,140118	21,39	5,49
22	38,14019	0,020248	38,47708	0,023975	28,00	7,35
23	40,4304	0,00639	37,70804	0,376398	9,66	0,96
24	39,7296	0,110607	39,2681	0,063595	17,68	4,01
25	40,36347	0,044271	40,03714	0,097326	18,99	3,05
26	38,83989	0,012625	40,71829	0,020452	20,19	5,03
27	38,49775	0,012909	42,28141	0,010903	14,37	7,26
28	39,35779	0,0213	41,70178	0,376398	27,31	3,24
29	37,89694	0,00242	41,12755	0,034963	26,89	8,31
30	39,51487	0,0252	39,51487	0,0452	26,88	3,56

Tablo 4.2’de gösterilen örnek veriler 30 müşterinin koordinat ve talep değerlerini içermektedir.

Tez çalışmasının uygulamasında kullanılan veri kümeleri Tablo 4.3’te önerildiği gibi gruplanmaktadır.

Tablo 4.3: Veri kümelerinin büyüklükleri (Hathaway ve Bezdek, 2006).

Bytes (Büyüklik)	(10 ²) Minik (tiny)	(10 ⁴) Küçük (small)	(10 ⁶) Orta (medium)	(10 ⁸) Büyük (big)
	(10 ¹⁰) İri (large)	(10 ¹²) Canavar (monster)	(10 ^{n>12}) Çok büyük (very large)	Sonsuz (infinite)

Bu bağlamda, tez çalışmasında kullanılan veri kümelerinin gruplanması aşağıdaki gibidir.

Küçük ölçekli veri kümeleri: 10², 10³, 10⁴

Orta ölçekli veri kümeleri: 10⁵, 10⁶

Büyük ölçekli veri kümeleri: 10⁷, 10⁸

4.1. KÜÇÜK ÖLÇEKLİ VERİ KÜMESİ ÖRNEĞİ (1. VERİ KÜMESİ) İÇİN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Küçük ölçekli veri kümesi örneği için tez çalışmasının 1. veri kümesi seçilmiştir. Bu veri kümesi 30 adet müşteri içermekte ve bu müşterilerin taleplerini karşılayacak 4 adet tesis yerinin koordinatlarının belirlenmesi istenmektedir. Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 1.veri kümesi için önerilen tüm yöntemlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir.

4.1.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verdi Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamalar Yöntemi Sonuçları

Tezin bu bölümünde küçük ölçekli veri kümesine örnek olarak seçilen 1. Veri kümesi için olasılıklı bulanık c-ortalamalar yöntemi ve stokastik bulanık c-ortalamalar yöntemi ile elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

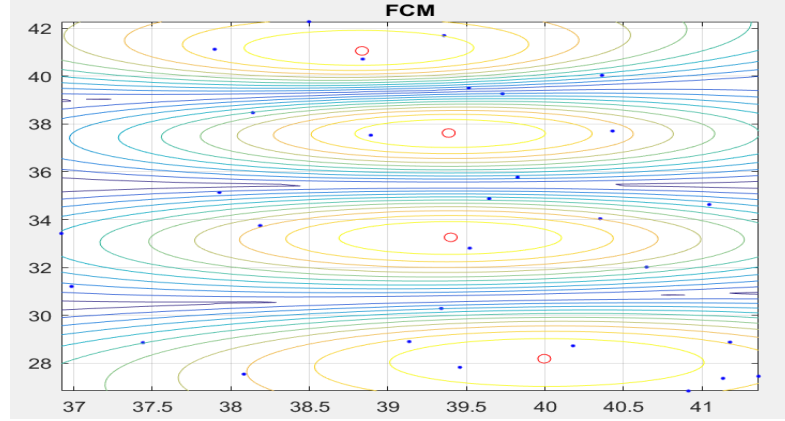
4.1.1.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verdi Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamalar Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için olasılıklı bulanık c-ortalamalar yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği ve Türkiye haritası üzerinde müşteri konumlarının ve tesis yerlerinin gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.4: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	38,8340	41,0615
2	39,3868	37,6284
3	39,4014	33,2631
4	39,9949	28,1811

Tablo 4.4, olasılıklı bulanık c-ortalamalar yöntemi ile elde edilen tesis yerleri koordinatlarını temsil etmektedir. Her bir tesisin x ve y koordinatlarının değerleri Tablo 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4.5: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.5, MATLAB programından elde edilen öbek merkezlerinin ve müşteri konumlarının gösterimidir.

Tablo 4.4'deki tesislerin koordinat değerleri aynı zamanda bu grafikte kırmızı ile işaretlenmiştir. Şekil 4.5'teki mavi noktalar ise müşteri konumlarını temsil etmektedir. Öbekleme işleminde Öklid uzaklık ölçütü kullanıldığı için öbeklerin dairesel şekilde olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 4.6: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.6, müşteri konumlarının ve öbek merkezlerinin Türkiye haritası üzerindeki gösterimidir. Şekil üzerinde mavi ile işaretlenmiş yerler müşteri konumlarını, sarı ile işaretlenmiş yerler ise kurulması önerilen tesislerin koordinat noktalarını simgelemektedir.

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.5'te verilmektedir.

Tablo 4.5: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	OBCO
Toplam ulaştırma maliyeti	7375,04

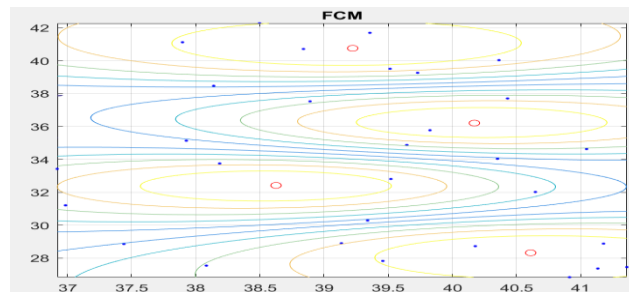
4.1.1.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için stokastik bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.6: Stokastik bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı			Y Koordinatı		
	Değer	μ	σ	Değer	μ	σ
1	38,8933	39,212	0,149	40,7940	40,776	0,4424
2	38,7487	36,253	0,1865	38,2883	36,161	0,1954
3	36,9213	37,214	0,066	33,4227	32,853	0,2281
4	38,0829	39,7656	0,1567	27,5347	28,338	0,3526

Tablo 4.6, stokastik bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen tesis yerleri koordinatlarını temsil etmektedir.



Şekil 4.7: Stokastik bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.7, stokastik bulanık c-ortalamlar yöntemi için MATLAB programından elde edilen öbek merkezlerinin ve müşteri konumlarının gösterimidir.

Tablo 4.7: Stokastik bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SBCO
Toplam ulaştırma maliyeti	7410,04

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.7’de verilmektedir.

4.1.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 1. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir. Sonuçlar, açılması planlanan tesis yerlerinin koordinat bilgilerini, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiğinin gösterimini içermektedir

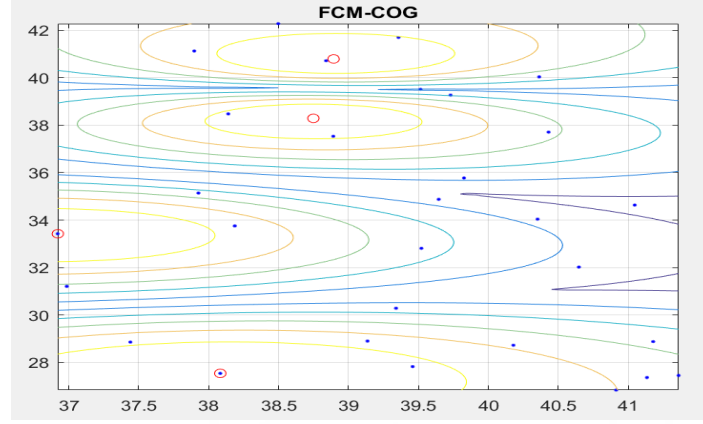
4.1.2.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.8: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	38,8399	40,7183
2	38,8912	37,5323
3	38,9034	33,7722
4	39,6282	28,0933

Tablo 4.8, olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin belirlediği tesis yerlerinin koordinat bilgilerini içermektedir.



Şekil 4.8: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.8, olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin oluşturduğu öbeklemenin MATLAB grafiğidir. Burada, öbek merkezleri kırmızı, müşteri konumları mavi ile işaretlenmiştir.



Şekil 4.9: Stokastik bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.9, Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin belirlediği tesis yer konumlarının ve müşteri konumlarının Türkiye haritası üzerinde gösterimidir. Burada, mavi ile işaretlenmiş yerler müşteri konumlarını, kırmızı ile işaretlenmiş olan noktalar ise açılması planlanan tesis yerlerini simgelemektedir.

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.9’da verilmektedir.

Tablo 4.9: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	OBCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	7381,32

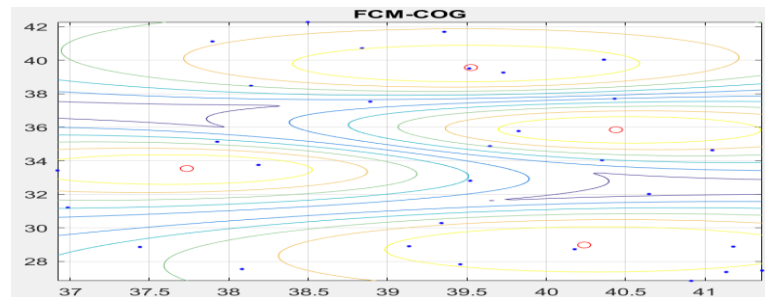
4.1.2.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.10: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı			Y Koordinatı		
	Değer	μ	σ	Değer	μ	Σ
1	37,7353	38,321	0,149	33,5377	32,721	0,123
2	40,2393	41,83	0,1621	28,9727	29,52	0,1634
3	39,5257	38,42	0,023	39,5669	38,452	0,135
4	40,4392	39,842	0,127	35,8532	24,281	0,224

Tablo 4.10, stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin belirlediği tesis yerlerinin koordinat bilgilerini içermektedir.



Şekil 4.10: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.10, stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin oluşturduğu öbeklemenin MATLAB grafiğidir.

Tablo 4.11: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SBCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	7798,19

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.11’de verilmektedir.

4.1.3. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 1. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Açılması planlanan tesis yerlerinin konumları, MATLAB programından elde edilen öbekleme sonuçlarının grafiği bu bölümde paylaşılmaktadır.

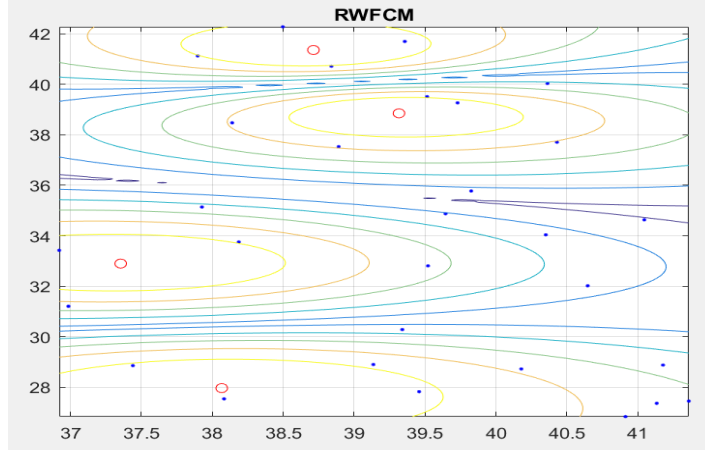
4.1.3.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.12: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	38,6953	41,3552
2	39,4058	38,5969
3	39,3688	33,6082
4	39,7663	28,2594

Tablo 4.12, açılması planlanan 4 adet tesis yerinin olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen koordinatlarını göstermektedir.



Şekil 4.11: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.11, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin 1. veri kümesi için oluşturduğu öbekleme grafiğidir. Burada müşteriler mavi ile tesis yerleri ise kırmızı ile simgelenmektedir.



Şekil 4.12: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.12, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemiyle elde edilen tesis yerlerinin konumlarını ve müşteri konumlarını Türkiye haritası üzerinden göstermektedir. Burada açılması planlanan tesis yerleri yeşil ile, müşteri konumları ise mavi ile işaretlenmiştir.

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.13'te verilmektedir.

Tablo 4.13: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	ORABCO
Toplam ulaştırma maliyeti	7307,1

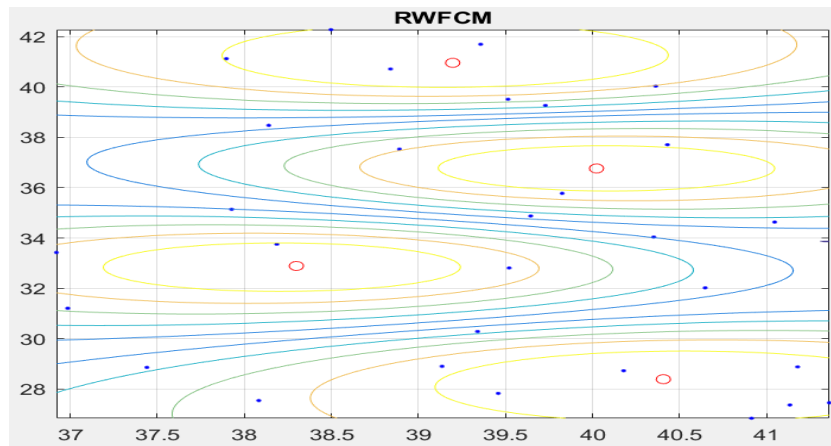
4.1.3.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verİ Kümesi) Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.14: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı			Y Koordinatı		
	Değer	μ	σ	Değer	μ	σ
1	40,4071	39,123	0,122	28,3847	30,431	0,325
2	40,0232	42,421	0,465	36,7635	37,8822	0,221
3	38,2989	37,942	0,243	32,8875	33,7542	0,227
4	39,1969	40,433	0,138	40,9635	41,606	0,195

Tablo 4.14, açılması planlanan 4 adet tesis yerinin stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen koordinatlarını göstermektedir.



Şekil 4.13: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.13, stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin 1. veri kümesi için oluşturduğu öbekleme grafiğidir.

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.15’de verilmektedir.

Tablo 4.15: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SRABCO
Toplam ulaştırma maliyeti	7787,64

4.1.4. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlar bu bölümde paylaşılmaktadır. Yöntem sonucunda elde edilen tesis yerlerinin koordinat değerlerini, öbekleme grafiği gösterimini içermektedir.

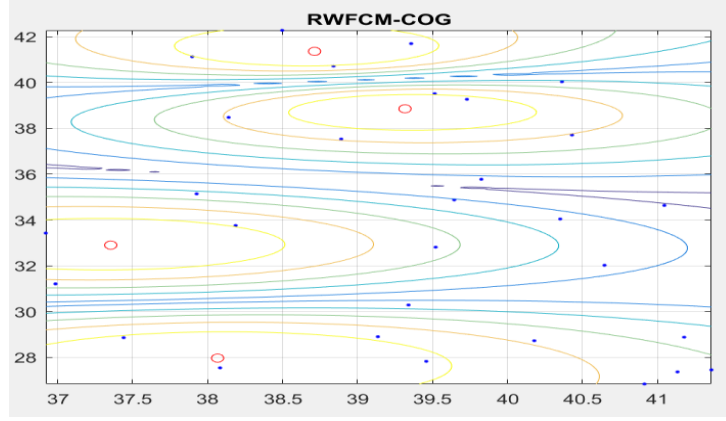
4.1.4.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.16: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	38,7118	41,5053
2	39,5149	39,5149
3	39,2331	34,0136
4	39,6282	28,0933

Tablo 4.16, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin kurulmasını önerdiği tesis yerlerinin konumlarını içermektedir.



Şekil 4.14: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.14, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin 1. veri kümesi için oluşturduğu öbek merkezlerinin grafiğidir. Şekil üzerindeki mavi noktalar müşterileri, kırmızı noktalar ise tesis yerlerini simgelemektedir.



Şekil 4.15: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.15, müşteri konumlarının ve belirlenen tesis yerlerinin ve Türkiye haritası üzerinden gösterimidir. Burada, müşteri konumları mavi ile, tesis yerleri mor ile işaretlenmiştir.

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin olasıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.17’de verilmektedir.

Tablo 4.17: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	ORABCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	7439,51

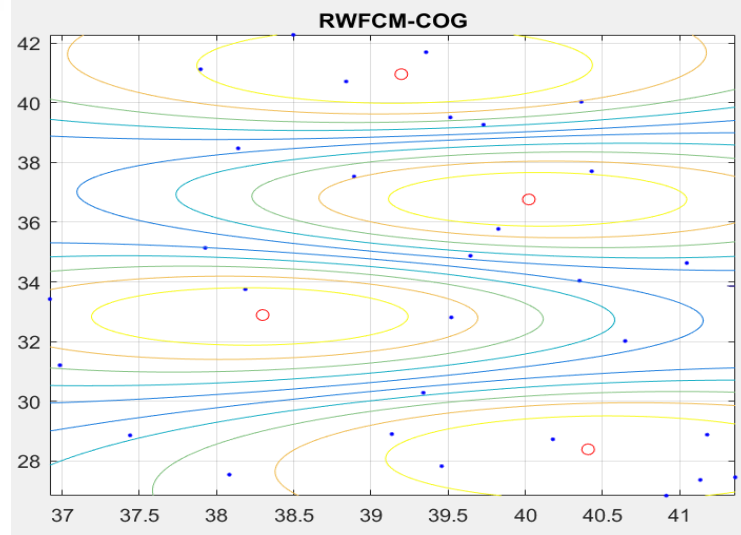
4.1.4.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.18: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı			Y Koordinatı		
	Değer	μ	σ	Değer	μ	σ
1	38,6828	38,295	0,151	41,4365	41,234	0,215
2	39,6317	40,512	0,124	39,2882	38,8822	0,192
3	36,9213	37,219	0,118	33,4227	33,6621	0,127
4	38,0829	40,291	0,152	27,5347	27,612	0,158

Tablo 4.18, stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin kurulmasını önerdiği tesis yerlerinin konumlarını içermektedir.



Şekil 4.16: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.16, stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin 1. veri kümesi için oluşturduğu öbek merkezlerinin grafiğidir.

1. veri kümesi için stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.19’da verilmektedir.

Tablo 4.19: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SRABCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	7615,28

4.1.5. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verdi Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen sonuçların paylaşıldığı bu bölümde, kurulması planlanan tesis yerlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme sonuçlarının gösterimi yapılmaktadır.

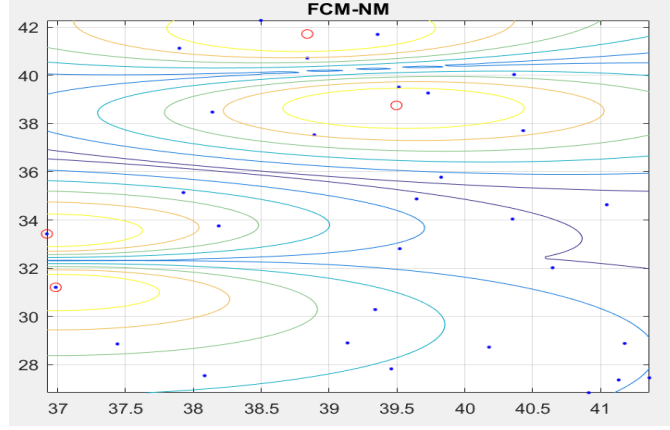
4.1.5.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verdi Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.20: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	38,6903	41,7895
2	39,6168	38,7945
3	38,4970	33,2122
4	39,4620	27,8445

Tablo 4.20’de olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin kurulması planlanan tesisler için önerdiği koordinatlar verilmektedir.



Şekil 4.17: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Öbek merkezlerinin ve müşterilerin dağılımları Şekil 4.17’de gösterilmektedir. Burada mavi noktalar müşteri konumları iken kırmızı noktalar kurulması önerilen tesis yerlerini simgelemektedir.



Şekil 4.18: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Kurulması önerilen tesis yerlerinin ve müşterilerin konumlarının Türkiye haritası üzerindeki gösterimi Şekil 4.18’de verilmektedir. Mavi ile işaretlenmiş noktalar müşterileri, gri ile işaretlenen yerler ise açılması önerilen tesis yerlerini simgelemektedir.

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.21’de verilmektedir.

Tablo 4.21: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	OBCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	6967,79

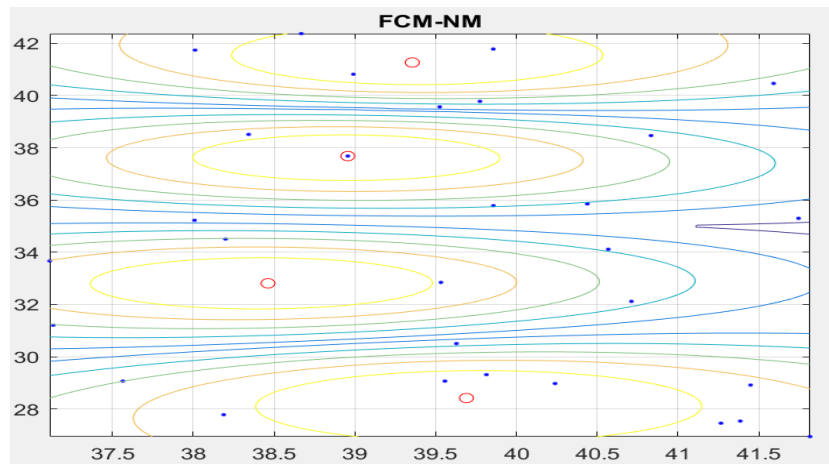
4.1.5.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1. Veri Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.22: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı			Y Koordinatı		
	Değer	μ	σ	Değer	μ	σ
1	38,4629	38,315	0,123	32,8106	31,929	0,131
2	39,6910	40,232	0,111	28,4171	28,982	0,115
3	39,3557	40,219	0,127	41,2676	41,5611	0,124
4	38,9569	37,911	0,122	37,6828	37,125	0,128

Tablo 4.22’de stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin kurulması planlanan tesisler için önerdiği koordinatlar verilmektedir.



Şekil 4.19: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Öbek merkezlerinin ve müşterilerin dağılımları Şekil 4.19’da gösterilmektedir.

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.23’de verilmektedir.

Tablo 4.23: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SBCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	7137,01

4.1.6. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 1. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir. Açılması planlanan tesislerin konum bilgileri, öbek merkezleri ve müşterilerin oluşturduğu öbekleme gösterimi sırasıyla paylaşılmaktadır.

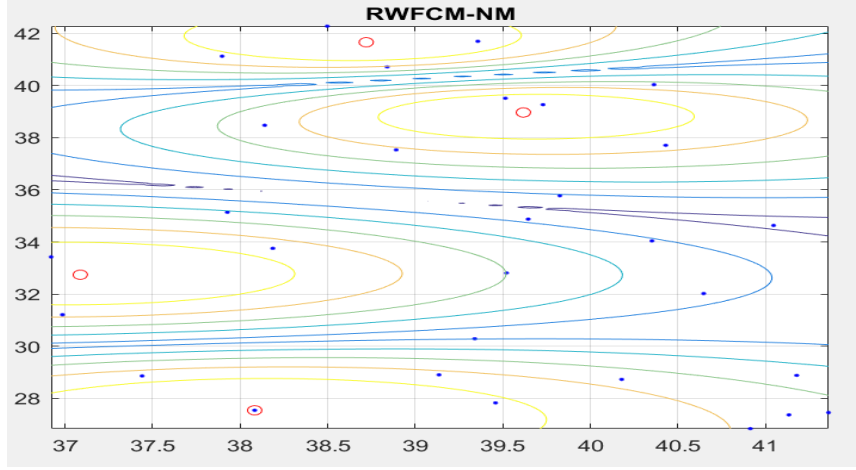
4.1.6.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.24: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	38,6903	41,7895
2	39,6168	38,0945
3	38,4969	33,2122
4	39,4620	27,8444

Tablo 4.24, kurulması önerilen tesis yerlerinin konum bilgilerini içermektedir.



Şekil 4.20: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Müşteri ve kurulması önerilen tesis yerlerinin öbekleme sonuçlarının gösterimi Şekil 4.20’de belirtilmiştir. Şekil 4.20’de mavi noktalar müşteri konumlarını, kırmızı noktalar tesis yerlerini göstermektedir.



Şekil 4.21: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.21, müşterilerin ve uygulanan yöntem sonucunda açılması önerilen tesis yerlerinin Türkiye haritası üzerindeki gösterimidir. Şekil üzerindeki mavi yerler müşteri konumlarını, siyah yerler ise kurulması önerilen tesis yerlerini simgelemektedir.

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.25’te verilmektedir.

Tablo 4.25: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	ORABCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	6967,79

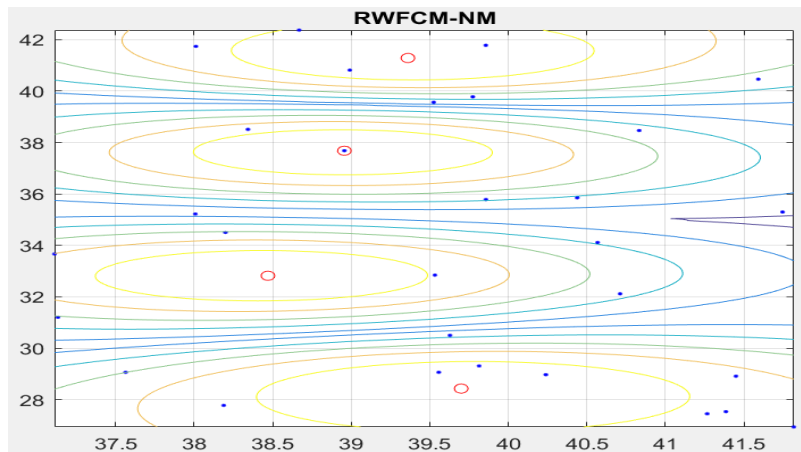
4.1.6.2 .Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1. Veri Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

1. veri kümesi için stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği gösterimi bu bölümde verilmektedir.

Tablo 4.26: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı			Y Koordinatı		
	Değer	μ	σ	Değer	μ	σ
1	39,7003	39,115	0,153	28,4326	29,122	0,121
2	38,9569	37,121	0,123	37,6828	38,897	0,184
3	38,4703	39,112	0,145	32,8217	31,982	0,137
4	39,3613	40,911	0,172	41,2886	40,398	0,178

Tablo 4.26, kurulması önerilen tesis yerlerinin konum bilgilerini içermektedir.



Şekil 4.22: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Müşteri ve kurulması önerilen tesis yerlerinin öbekleme sonuçlarının gösterimi Şekil 4.22’de belirtilmiştir. Burada mavi noktalar müşteri konumlarını, kırmızı noktalar tesis yerlerini göstermektedir.

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.27’de verilmektedir.

Tablo 4.27: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SRABCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	7338,82

4.1.7. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) İçin Sonuçların Karşılaştırılması

Küçük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 1. veri kümesinin önerilen tüm olasılıklı ve stokastik yöntemlerin sonuçları ile karşılaştırması hem toplam ulaştırma maliyeti hem de işlem süresi ile yapılmaktadır.

4.7.1.1. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verit Kümesi) İçin Olasılıklı Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde, 1. Verit kümesi için önerilen tüm olasılıklı yöntemlerin uygulaması sonucunda elde edilen toplam ulaştırma maliyetlerinin ve işlem sürelerinin karşılaştırılmasına yer verilmektedir.

Tablo 4.28: Tüm olasılıklı yöntemlerin küçük ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.

OBCO	OBCO-GM	ORABCO	ORABCO-GM	OBCO-NM	ORABCO-NM
7375,04	7381,32	7307,1	7439,50	6967,79	6967,79

Önerilen tüm olasılıklı yöntemlerin 1. veri kümesinde oluşturduğu toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.28’de gösterilmektedir. Buna göre en iyi sonuçlar, Nelder-Mead hibrit yöntemlerinde

elde edilmektedir. Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi tüm yöntemlerden daha iyi sonuç vermiştir.

Tablo 4.29: Tüm olasılıklı yöntemlerin küçük ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması. (Saniye)

OBCO	OBCO-GM	ORABCO	ORABCO-GM	OBCO-NM	ORABCO-NM
0,07	0,13	0,06	0,50	0,13	0,19

Önerilen olasılıklı yöntemlerin 1. veri kümesindeki uygulaması sonucu elde edilen işlem süreleri Tablo 4.29’da verilmektedir. Buna göre en hızlı sonucu veren yöntem, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemidir. Tablodaki değerlerin birimi saniye olduğu için tüm modellerin sonuçlarının 1 saniyenin altında olduğu gözlemlenmektedir.

4.7.1.2. Küçük Ölçekli Veri Kümesi Örneği (1.Verii Kümesi) İçin Stokastik Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde, 1. Veri kümesi için önerilen tüm stokastik yöntemlerin uygulaması sonucunda elde edilen toplam ulaştırma maliyetlerinin ve işlem sürelerinin karşılaştırılmasına yer verilmektedir.

Tablo 4.30: Tüm stokastik yöntemlerin küçük ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.

Önerilen Yöntemlerden elde edilen sonuçlar	SBCO	SBCO-GM	SRABCO	SRABCO-GM	SBCO-NM	SRABCO-NM
	7410,04	7798,19	7787,64	7615,28	7137,01	7338,82
	7606,96	8048,09	7562,75	8378,86	7121,58	7081,30
	7655,30	7478,80	7391,14	8618,08	6949,00	6948,99
	7347,38	7677,87	7261,86	8407,29	7004,85	7004,84
Ortalama	7504,92	7750,74	7500,85	8254,88	7053,11	7093,49
Standart Sapma	149,27	238,00	227,47	439,55	91,10	172,31

Önerilen tüm stokastik yöntemlerin 1. veri kümesinde oluşturduğu toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.30’da gösterilmektedir. Buna göre en iyi sonuçlar, Nelder-Mead hibrit yöntemlerinde elde edilmektedir. Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi tüm yöntemlerden daha iyi sonuç vermiştir.

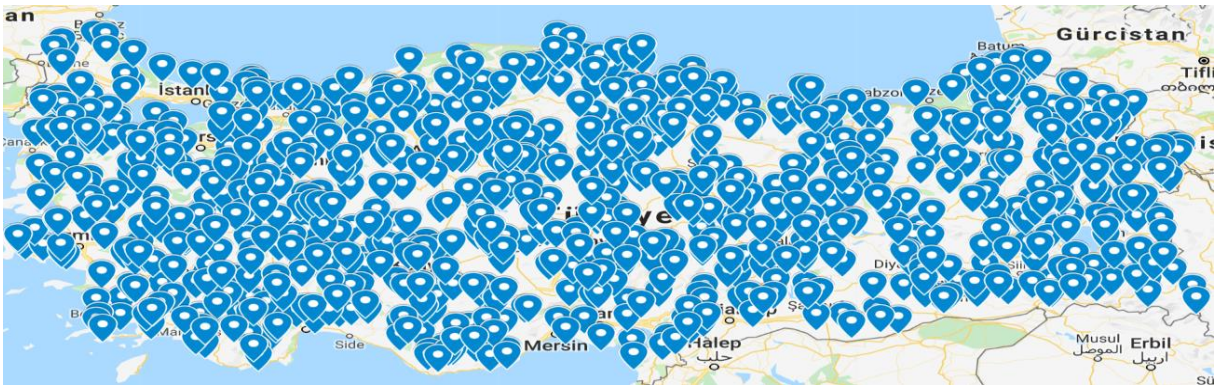
Tablo 4.31: Tüm stokastik yöntemlerin küçük ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması. (Saniye)

Önerilen Yöntemlerden elde edilen sonuçlar	SBCO	SBCO-GM	SRABCO	SRABCO-GM	SBCO-NM	SRABCO-NM
	0,25	0,30	0,10	0,58	0,28	0,37
	0,14	0,19	0,09	0,53	0,17	0,25
	0,13	0,19	0,08	0,51	0,23	0,30
	0,12	0,18	0,09	0,55	0,16	0,27
Ortalama	0,16	0,21	0,09	0,54	0,21	0,30
Standart Sapma	0,06	0,06	0,01	0,03	0,05	0,05

Önerilen stokastik yöntemlerin 1. veri kümesindeki uygulaması sonucu elde edilen işlem süreleri Tablo 4.31’de verilmektedir. Buna göre en hızlı sonucu veren yöntem, stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamar yöntemidir. Tablodaki değerlerin birimi saniye olduğu için tüm modellerin sonuçlarının 1 saniyenin altında olduğu gözlemlenmektedir.

4.2. ORTA ÖLÇEKLİ VERİ KÜMESİ ÖRNEĞİ (8. VERİ KÜMESİ) İÇİN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Orta ölçekli verilerin uygulaması için 8.veri kümesi seçilmiştir. Seçilen veri kümesinde 1200 adet müşteri için 100 adet tesis yeri belirlenmek istenmektedir. Tez çalışmasının bu bölümünde 8.veri kümesine ait veriler için önerilen tüm yöntemlerin tesis yerleri bulunmakta ve elde edilen sonuçlar açıklanmaktadır.



Şekil 4.23: Orta ölçekli veri kümesi örneği (8. Veri kümesi) için Müşteri koordinatlarının ortalamalarının harita üzerinde gösterimi.

8.veri kümesine ait müşteri verilerinin Türkiye haritası üzerindeki dağılımı Şekil 4.23’te gösterilmektedir. Önerilen tüm yöntemler ile bu müşterilerin taleplerini karşılamak üzere 100 adet tesis yeri seçimi yapılmaktadır.

4.2.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamalar Yöntemi Sonuçları

8.veri kümesi için olasılıklı ve stokastik bulanık c-ortalamalar yöntemi ile elde edilen öbek merkezlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiği bu bölümde verilmektedir.

4.2.1.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamalar Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde, 8. Veri kümesi için olasılıklı bulanık c-ortalamalar yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Tablo 4.32: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	43,7721	39,8904
2	30,381	38,1753
3	37,2944	38,7653
4	34,5657	37,8502
5	43,3732	38,6737
6	40,1786	38,1255
7	34,6285	39,651
8	26,6574	41,6588
9	41,3816	39,1699
10	33,1521	41,0509
11	37,653	37,2486
12	41,5301	38,3434
13	43,8951	41,1694
14	40,3637	41,0597
15	28,349	38,5741
16	34,1282	39,1261
17	44,3309	40,786
18	44,5707	36,494
19	33,8802	39,7938
20	42,7976	36,1849
21	26,83	40,1091
22	32,5982	37,0732
23	41,6171	41,0648
24	26,365	36,3155
25	28,1576	39,7368

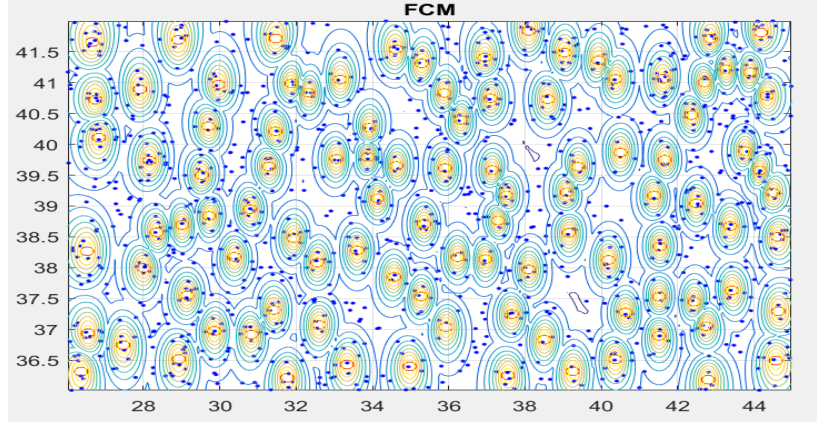
Tablo 4.32 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
26	29,7027	40,2929
27	27,9056	40,8929
28	36,9415	41,4083
29	30,7932	38,9493
30	29,5302	39,4992
31	26,5206	38,2659
32	40,4981	39,868
33	35,2721	37,5364
34	43,2637	41,2169
35	35,2909	41,3133
36	33,5992	38,2804
37	42,3602	40,4738
38	35,3516	38,7101
39	29,7252	38,8394
40	38,0916	41,8376
41	44,6178	38,5009
42	26,5456	36,9392
43	39,03	41,4865
44	33,0564	39,7619
45	41,5116	37,5309
46	35,921	37,0367
47	39,3858	39,638
48	33,9109	40,2708
49	31,4125	37,3138
50	28,912	41,6931
51	29,0111	38,6926
52	39,2453	36,3216
53	31,7638	36,2157
54	36,2313	38,17
55	28,9277	36,5199
56	39,1469	38,5674
57	32,3128	40,8386
58	42,7426	37,0513
59	42,4331	37,4489
60	37,1408	39,5827
61	35,9005	39,614
62	44,4826	39,2174
63	41,5093	36,8954
64	38,0923	37,9716
65	41,6598	39,7514
66	37,5517	36,254

Tablo 4.32 (devam)

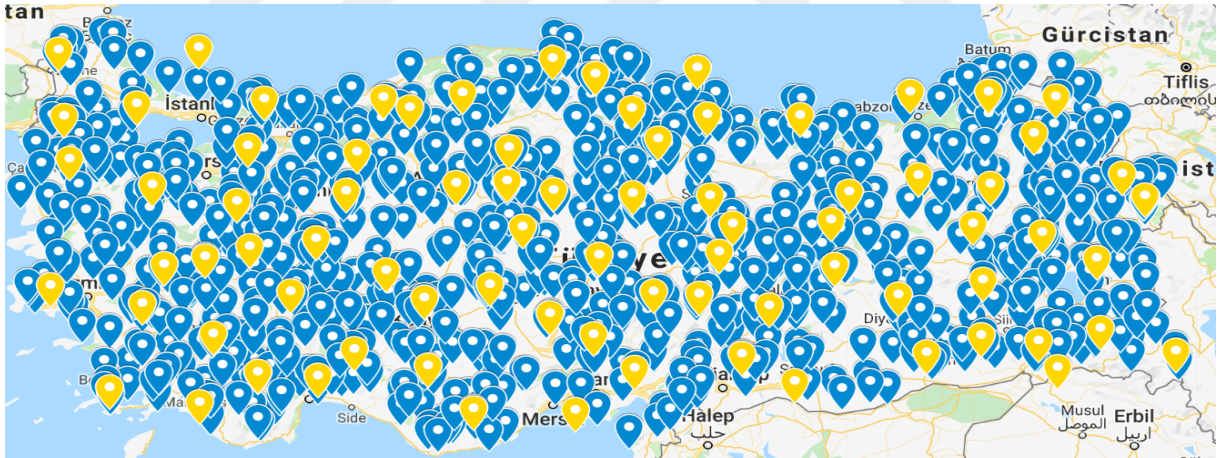
Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
67	32,5486	38,0838
68	31,2838	39,6401
69	31,8806	40,9887
70	36,3085	40,397
71	40,3633	36,5165
72	31,9327	38,4807
73	42,4851	39,0434
74	36,9583	38,1373
75	33,33	36,4317
76	38,5939	40,7338
77	37,0908	40,7459
78	34,6098	41,5405
79	39,089	39,2223
80	37,5068	39,1721
81	40,6345	37,2744
82	44,1457	39,5757
83	35,882	40,8317
84	42,8577	41,7132
85	29,1394	37,5498
86	44,6347	37,2945
87	29,9663	40,9679
88	30,8253	36,9167
89	42,7041	41,0019
90	39,9236	41,3627
91	28,0027	37,998
92	26,7381	40,7223
93	43,4206	37,6317
94	29,8583	36,9758
95	31,4591	40,2103
96	38,5027	36,834
97	31,4695	41,7166
98	34,9754	36,3994
99	27,4675	36,7466
100	44,1785	41,8129

Tablo 4.32, olasılıklı bulanık c-ortalamalar yöntemi ile elde edilen tesis yerleri koordinatlarını temsil etmektedir.



Şekil 4.24: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.24, MATLAB programından elde edilen öbek merkezlerinin ve müşteri konumlarının gösterimidir. Tablo 4.32'deki tesislerin koordinat değerlerinin aynı zamanda bu grafikte kırmızı ile işaretlendiği gözlemlenebilmektedir. Şekil 4.24'teki mavi noktalar ise müşteri konumlarını temsil etmektedir.



Şekil 4.25: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.25, müşteri konumlarının ve öbek merkezlerinin Türkiye haritası üzerindeki gösterimidir. Şekil üzerinde mavi ile işaretlenmiş yerler müşteri konumlarını, sarı ile işaretlenmiş yerler ise kurulması önerilen tesislerin koordinat noktalarını simgelemektedir.

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin olasılıklı bulanık c-ortalamalar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.33'te verilmektedir.

Tablo 4.33: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	OBCO
Toplam ulaştırma maliyeti	30285,64

4.2.1.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamalar Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde, 8. Veri kümesi için stokastik bulanık c-ortalamalar yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Tablo 4.34: Stokastik bulanık c-ortalamalar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	28,8184	38,7213
2	28,1768	39,7979
3	40,4562	36,7246
4	43,2924	36,6089
5	37,4123	40,8105
6	43,5436	40,2426
7	31,7593	41,6627
8	44,3395	39,9913
9	35,9503	39,8862
10	43,3893	41,4384
11	44,5387	36,5933
12	42,6178	37,696
13	28,6495	40,6552
14	26,9739	37,0788
15	39,2734	41,6742
16	30,8902	38,3732
17	37,1776	41,4632
18	39,2648	39,2522
19	42,0323	39,768
20	36,6121	39,2257
21	38,7304	40,7972
22	30,2468	39,8779
23	33,8328	36,5804
24	42,6923	39,1858
25	29,126	41,8403

Tablo 4.34 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
26	32,6649	38,2849
27	32,1621	38,6153
28	37,8949	38,1322
29	32,6873	40,7109
30	31,8079	40,2076
31	42,576	40,7074
32	42,9702	41,7017
33	26,8196	40,9522
34	26,5293	36,5806
35	37,2231	38,8608
36	34,1974	40,0222
37	44,3055	42,074
38	39,0353	38,5548
39	41,3184	37,7521
40	44,6549	39,2849
41	36,9391	37,1601
42	26,5905	38,6767
43	29,8298	38,7391
44	38,4253	42,0609
45	35,9795	41,1449
46	34,0728	38,392
47	44,309	38,478
48	43,9742	40,6536
49	37,8377	40,6486
50	44,741	37,2801
51	34,0181	40,4366
52	44,5804	41,1362
53	32,1068	41,1206
54	27,5573	40,5047
55	26,8571	38,2087
56	40,5854	37,9922
57	41,4633	37,0927
58	29,5953	39,3654
59	34,7372	41,5079
60	28,1247	38,2327
61	33,5912	38,9117
62	33,9562	37,5097
63	30,1575	37,1176
64	40,3905	41,3793
65	37,1724	41,9453
66	37,8482	39,167

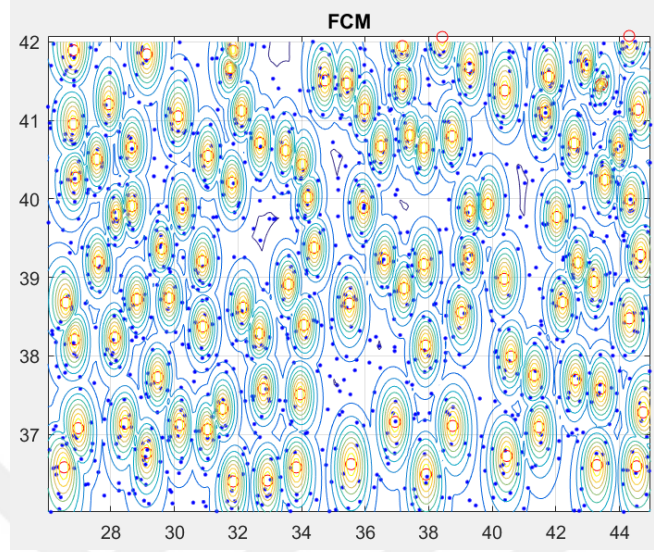
Tablo 4.34 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
67	30,8728	39,2058
68	43,4015	37,5817
69	43,1935	38,9427
70	39,8542	39,9313
71	32,9283	36,4124
72	35,4984	38,6657
73	42,2125	38,6822
74	31,843	36,4009
75	26,8859	40,2685
76	35,426	41,4697
77	31,0561	40,5464
78	39,2939	39,8486
79	27,9302	41,2041
80	27,6115	39,1958
81	29,4712	37,7282
82	29,1237	36,7617
83	40,3706	38,981
84	34,3919	39,3785
85	38,7488	37,1081
86	30,1165	41,051
87	28,4471	37,1372
88	43,4467	41,464
89	31,0426	37,0643
90	36,4942	40,6708
91	41,6649	41,106
92	31,5096	37,3263
93	41,7789	41,5533
94	35,5571	36,6206
95	31,8429	41,8848
96	37,9171	36,4919
97	32,8019	37,5796
98	28,6628	39,9081
99	33,4967	40,6158
100	26,8206	41,8914

Tablo 4.34, stokastik bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen tesis yerleri koordinatlarını temsil etmektedir.

Şekil 4.26, MATLAB programından elde edilen öbek merkezlerinin ve müşteri konumlarının gösterimidir. Tablo 4.34'teki tesislerin koordinat değerlerinin aynı zamanda bu grafikte kırmızı

ile işaretlendiği gözlemlenebilmektedir. Şekil 4.26'daki mavi noktalar ise müşteri konumlarını temsil etmektedir.



Şekil 4.26: Stokastik bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin stokastik bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.35'te verilmektedir.

Tablo 4.35: Stokastik bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SBCO
Toplam ulaştırma maliyeti	28209,15

4.2.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 8. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir. Sonuçlar, açılması planlanan tesis yerlerinin koordinat bilgilerini, MATLAB programından elde edilen öbekleme gösterimini içermektedir.

4.2.2.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 8. veri kümesi için olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Tablo 4.36: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	43,655	39,9585
2	30,4423	38,1421
3	36,9161	38,8214
4	34,5991	37,86
5	43,303	38,5062
6	40,1074	38,4509
7	35,1089	39,7775
8	26,7304	41,6826
9	41,1345	39,2569
10	33,4459	41,0897
11	37,8784	37,1807
12	41,5764	38,3666
13	43,8012	41,2849
14	40,5906	41,2266
15	28,3181	38,8313
16	33,9425	39,2797
17	44,0857	40,5641
18	44,5124	36,5402
19	33,9017	39,9174
20	42,7314	36,0274
21	27,094	39,9838
22	32,6441	37,0705
23	41,5383	41,0484
24	26,2876	36,4889
25	28,4087	39,8363
26	29,6959	40,5215
27	28,255	40,7981
28	36,9709	41,4265
29	30,7497	38,9476
30	29,5195	39,6371
31	26,6803	38,2503
32	40,5159	40,0118
33	35,2047	37,5506
34	43,2119	41,299

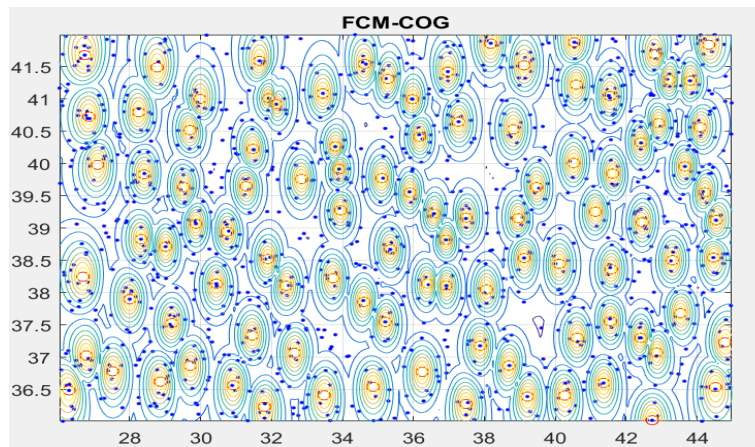
Tablo 4.36 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
35	35,2748	41,3134
36	33,7286	38,2272
37	42,4111	40,3313
38	35,3455	38,6735
39	29,867	39,0702
40	38,1769	41,8589
41	44,4584	38,5468
42	26,7737	37,0295
43	39,1133	41,525
44	32,8405	39,7644
45	41,5539	37,5608
46	36,2484	36,7768
47	39,47	39,6372
48	33,7988	40,2679
49	31,4499	37,3402
50	28,7724	41,4928
51	29,011	38,7161
52	39,2128	36,394
53	31,7972	36,2357
54	36,3934	38,144
55	28,863	36,6249
56	39,121	38,5404
57	32,1255	40,9209
58	42,8494	37,0755
59	42,4106	37,304
60	36,5787	39,228
61	35,9049	39,5536
62	44,5326	39,1262
63	41,3601	36,6035
64	38,0551	38,0527
65	41,6152	39,8472
66	37,483	36,2797
67	32,4128	38,1095
68	31,2848	39,6509
69	31,9209	41,0138
70	36,1708	40,4163
71	40,2641	36,4109
72	31,8924	38,5246
73	42,451	39,0938
74	36,9205	38,112
75	33,4794	36,4149
76	38,8191	40,5345
77	37,2717	40,651

Tablo 4.36 (devam)

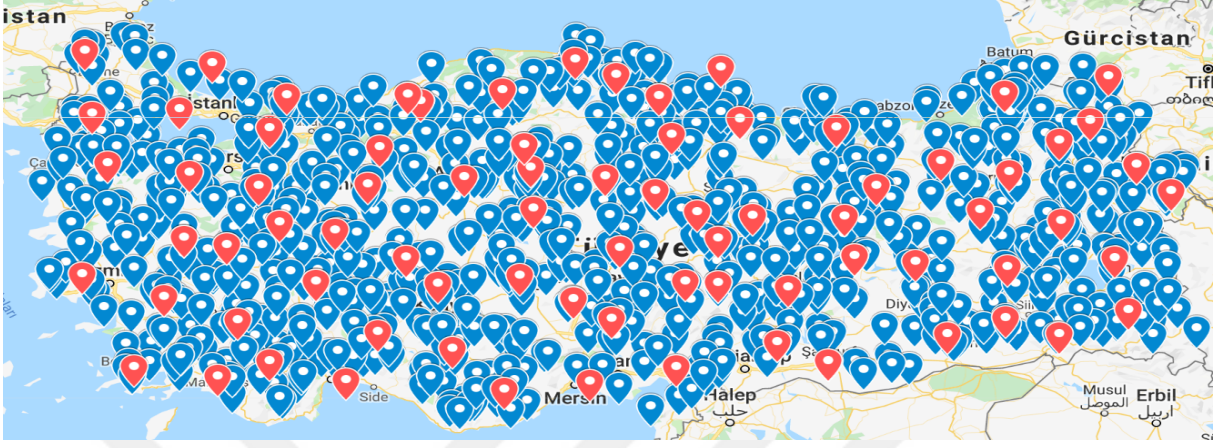
Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
78	34,6191	41,5452
79	38,9634	39,1553
80	37,4844	39,1647
81	40,6183	37,3053
82	44,2138	39,5559
83	35,9726	41,0000
84	42,8097	41,6962
85	29,1843	37,5305
86	44,7787	37,2334
87	29,981	41,0034
88	30,9252	36,5716
89	42,9162	40,6275
90	40,5354	41,8818
91	28,0012	37,9025
92	26,8498	40,7286
93	43,5277	37,6863
94	29,7044	36,8721
95	31,4725	40,2302
96	38,6902	36,8762
97	31,6606	41,593
98	34,8611	36,5447
99	27,5125	36,7849
100	44,3261	41,8439

Tablo 4.36, olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin belirlediği tesis yerlerinin koordinat bilgilerini içermektedir.



Şekil 4.27: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.27, olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin oluşturduğu öbeklemenin MATLAB grafiğidir. Burada, öbek merkezleri kırmızı, müşteri konumları mavi ile işaretlenmiştir.



Şekil 4.28: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü

Şekil 4.28, olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin belirlediği tesis yer konumlarının ve müşteri konumlarının Türkiye haritası üzerinde gösterimidir. Burada, mavi ile işaretlenmiş yerler müşteri konumlarını, kırmızı ile işaretlenmiş olan noktalar ise açılması planlanan tesis yerlerini simgelemektedir.

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.37’de verilmektedir.

Tablo 4.37: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	OBCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	29128,20

4.2.2.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 8. veri kümesi için stokastik bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Tablo 4.38: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	28,7003	38,9476
2	28,147	39,9503
3	40,3874	36,6354
4	43,0655	36,571
5	37,3409	40,7472
6	43,4767	40,4349
7	31,7738	41,5992
8	44,3483	40,013
9	35,9978	40,0157
10	43,1053	41,3836
11	44,5662	36,7836
12	42,4445	37,5766
13	28,662	40,6031
14	27,0896	37,1151
15	39,3063	41,7013
16	30,9449	38,4588
17	37,0694	41,4659
18	39,2788	39,2723
19	41,7859	39,6845
20	36,5804	39,2715
21	38,7897	40,5096
22	30,3621	39,7137
23	33,7285	36,6871
24	42,6482	39,2929
25	29,0938	41,7909
26	32,5496	38,244
27	32,1582	38,5818
28	37,9384	37,8324
29	32,79	40,355
30	31,8171	40,271
31	42,4816	40,7638
32	42,9016	41,6632
33	26,7486	41,0596
34	26,4484	36,5292
35	37,0803	38,459
36	34,2284	40,2374
37	44,3346	42,0173
38	39,0018	38,5293
39	41,6792	37,6168
40	44,6828	39,2126
41	36,8518	37,2329
42	26,5751	38,5998

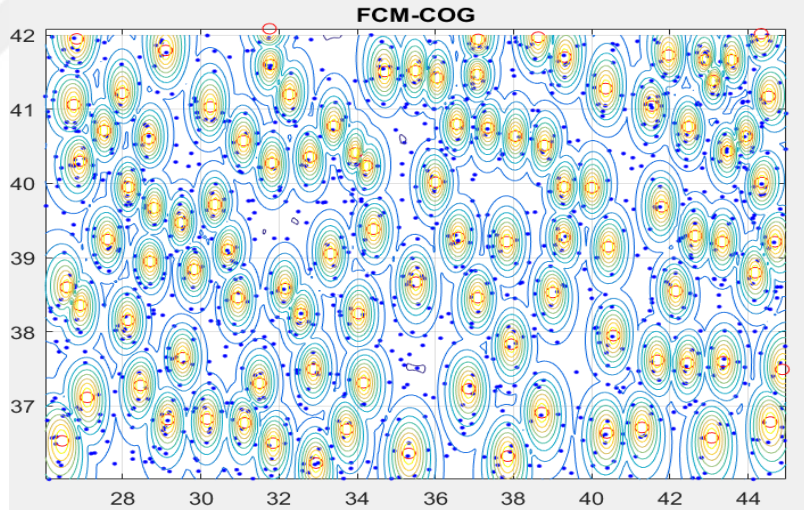
Tablo 4.38 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
43	29,8237	38,8404
44	38,6301	41,9699
45	36,038	41,4224
46	34,0298	38,2448
47	44,1805	38,7959
48	43,9445	40,6359
49	38,0442	40,637
50	44,8772	37,4921
51	33,9516	40,4099
52	44,5229	41,1722
53	32,2606	41,1991
54	27,5252	40,7117
55	26,9074	38,3576
56	40,5506	37,9489
57	41,2819	36,7103
58	29,4951	39,4708
59	34,7014	41,5059
60	28,1306	38,156
61	33,3145	39,0515
62	34,1598	37,311
63	30,158	36,8237
64	40,3574	41,2774
65	37,0941	41,9403
66	37,8243	39,2143
67	30,6897	39,1076
68	43,3618	37,5974
69	43,3355	39,2141
70	39,9998	39,9424
71	32,9445	36,231
72	35,499	38,6693
73	42,1476	38,5485
74	31,8446	36,4994
75	26,9011	40,2979
76	35,4923	41,5183
77	31,0899	40,5741
78	39,2884	39,9518
79	27,986	41,2148
80	27,6178	39,2444
81	29,5297	37,6499
82	29,1539	36,816
83	40,4259	39,1444
84	34,4144	39,3824
85	38,7186	36,9097

Tablo 4.38 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
86	30,2403	41,0304
87	28,4544	37,2768
88	43,5702	41,6645
89	31,1185	36,773
90	36,5496	40,7976
91	41,5373	41,0405
92	31,4959	37,3063
93	41,9676	41,7289
94	35,3191	36,3612
95	31,7543	42,083
96	37,8521	36,3235
97	32,8767	37,4964
98	28,7989	39,6688
99	33,3962	40,771
100	26,8209	41,9474

Tablo 4.38, stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin belirlediği tesis yerlerinin koordinat bilgilerini içermektedir.



Şekil 4.29: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.29, stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin oluşturduğu öbeklemenin MATLAB grafiğidir.

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.39’da verilmektedir.

Tablo 4.39: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SBCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	27123,6

4.2.3. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 8. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Açılması planlanan tesis yerlerinin konumları, MATLAB programından elde edilen öbekleme sonuçlarının gösterimi bu bölümde paylaşılmaktadır.

4.2.3.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 8. veri kümesi için olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Tablo 4.40: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	44,3853	39,9517
2	30,2863	38,6096
3	37,4949	39,2156
4	35,2577	38,7385
5	42,5523	38,4907
6	40,3677	37,3994
7	34,6081	39,762
8	26,5978	41,5871
9	43,4562	40,4291
10	34,1724	40,1087
11	37,7689	36,9542
12	41,5307	38,3531
13	44,0374	40,5125
14	40,8978	41,157
15	28,4001	38,7453
16	33,7187	39,1756
17	43,8241	41,2592

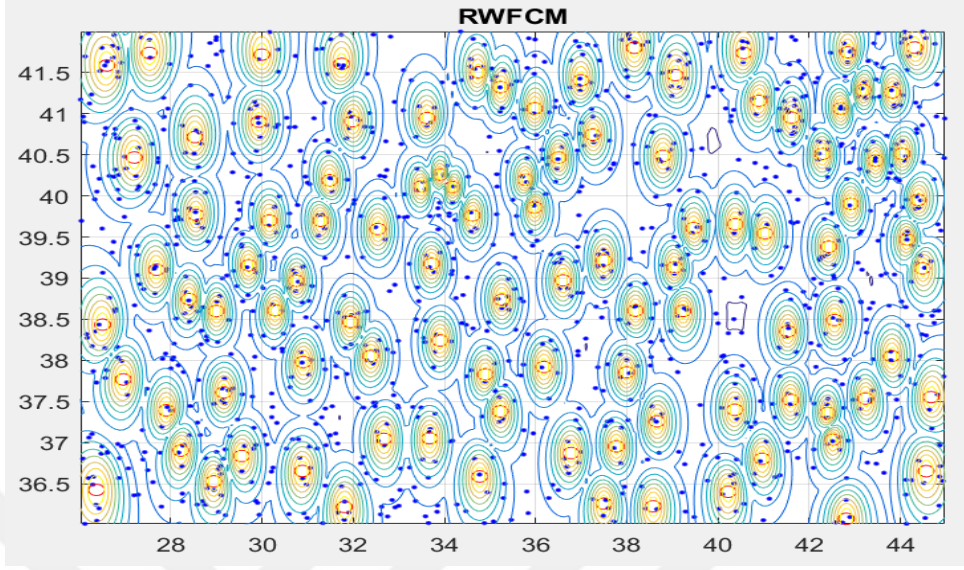
Tablo 4.40 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
18	44,5653	36,6528
19	33,6195	40,9479
20	43,8078	38,0512
21	28,5467	39,7709
22	32,6728	37,0457
23	41,6119	40,9521
24	26,3677	36,4248
25	28,5272	40,7161
26	29,9302	40,9027
27	27,199	40,4668
28	36,9905	41,4058
29	30,7487	38,9686
30	29,7077	39,1554
31	26,5031	38,4347
32	40,3782	39,656
33	34,8961	37,8291
34	43,1845	41,2855
35	35,2282	41,3229
36	33,9021	38,2417
37	42,2921	40,5118
38	36,773	36,8721
39	30,1576	39,7003
40	38,1644	41,8022
41	42,9076	39,904
42	26,9577	37,768
43	39,0655	41,469
44	32,5411	39,5966
45	42,4036	37,3601
46	35,2211	37,3797
47	39,4627	39,6092
48	33,9049	40,2591
49	30,8841	36,6541
50	27,5279	41,7397
51	28,9949	38,599
52	38,5751	36,2253
53	31,807	36,2171
54	36,1795	37,9195
55	28,9398	36,529
56	39,2298	38,6016
57	33,4961	40,1159
58	42,5167	37,0355
59	43,2387	37,5352

Tablo 4.40 (devam)

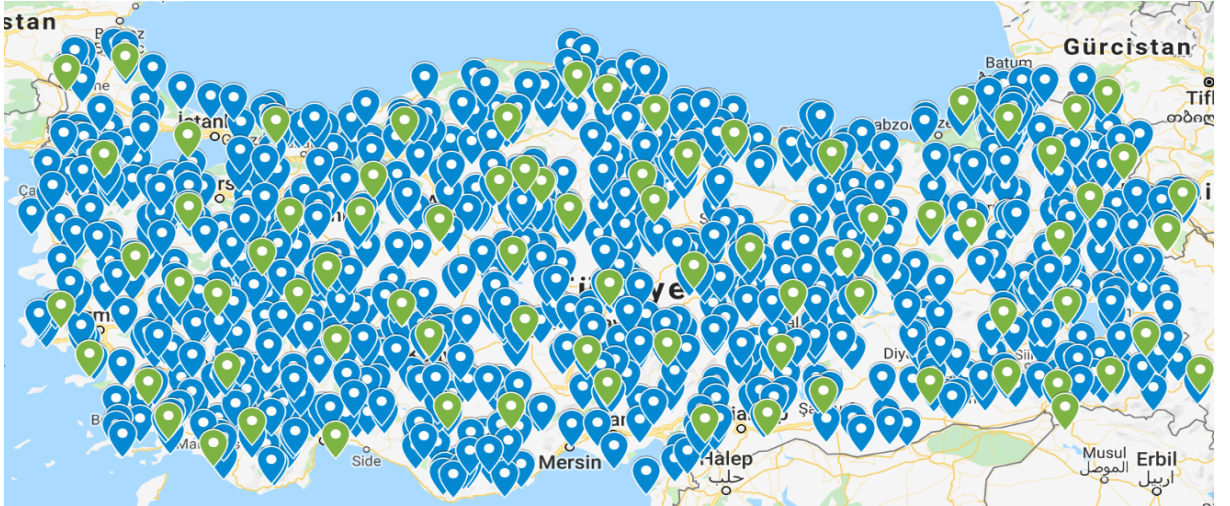
Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
60	37,2505	40,7453
61	35,7757	40,198
62	42,8129	36,0735
63	41,5922	37,5185
64	37,9939	37,8543
65	41,0281	39,544
66	37,4987	36,2582
67	32,38	38,0535
68	31,2846	39,6986
69	31,9835	40,9082
70	35,9752	39,8596
71	40,2219	36,4016
72	31,9396	38,467
73	42,4288	39,382
74	36,5998	38,9728
75	33,6769	37,0518
76	38,7939	40,4863
77	36,4982	40,4662
78	34,742	41,5034
79	39,0483	39,1322
80	38,1872	38,6052
81	40,9634	36,8037
82	44,1463	39,4706
83	35,9797	41,0643
84	42,8491	41,7466
85	29,1617	37,6103
86	44,6722	37,5532
87	29,994	41,7186
88	30,9028	37,9793
89	42,6902	41,0619
90	40,5676	41,7382
91	28,2205	36,9032
92	27,6866	39,1028
93	44,4803	39,1192
94	29,5495	36,8371
95	31,4801	40,1883
96	38,6575	37,2587
97	31,7427	41,6059
98	34,7726	36,5879
99	27,9037	37,3926
100	44,3078	41,8046

Tablo 4.40, açılması planlanan 100 adet tesis yerinin olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen koordinatlarını göstermektedir.



Şekil 4.30: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.30, Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin 8. veri kümesi için oluşturduğu öbekleme grafiğidir. Burada müşteriler mavi ile tesis yerleri ise kırmızı ile simgelenmektedir.



Şekil 4.31: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.31, Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemiyle elde edilen tesis yerlerinin konumlarını ve müşteri konumlarını Türkiye haritası üzerinden göstermektedir. Burada açılması planlanan tesis yerleri yeşil ile, müşteri konumları ise mavi ile işaretlenmiştir.

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.41’de verilmektedir.

Tablo 4.41: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	ORABCO
Toplam ulaştırma maliyeti	28593,57

4.2.3.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 8. veri kümesi için stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Tablo 4.42: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	28,1075	38,1642
2	32,8258	37,5843
3	33,7586	37,4959
4	28,6897	40,912
5	33,5971	41,123
6	28,1914	39,8058
7	30,9092	38,4239
8	35,3957	36,4727
9	27,4946	36,9384
10	40,61	37,8077
11	26,4668	36,7459
12	38,6897	40,9882
13	39,3041	39,2741
14	39,2401	41,6717
15	29,1215	36,751
16	28,803	38,7084
17	34,0919	40,3057
18	29,8104	38,8904
19	27,6811	39,2023
20	44,4301	40,0862
21	29,1113	41,7569
22	29,6577	39,3515

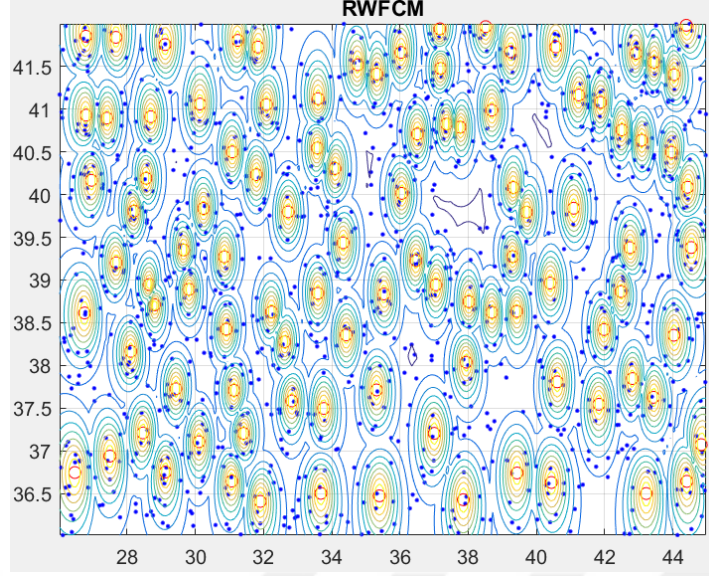
Tablo 4.42 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
23	41,2406	41,1666
24	28,5531	40,1907
25	37,1866	41,4775
26	30,2373	39,8383
27	31,4088	37,2051
28	31,0838	40,4997
29	30,8485	39,2718
30	34,7642	41,5218
31	43,2182	36,4995
32	33,6787	36,502
33	35,3167	41,4115
34	42,5036	40,7576
35	33,5918	38,8445
36	31,7874	40,2324
37	31,2454	41,8057
38	28,6461	38,947
39	42,9197	41,654
40	26,7955	40,93
41	44,5368	39,3805
42	34,3317	39,4363
43	37,364	40,8258
44	27,669	41,8416
45	36,5116	40,709
46	37,1672	41,941
47	40,4005	38,9642
48	31,1338	37,7084
49	41,9814	38,4198
50	34,4205	38,3569
51	39,4201	38,6323
52	39,4318	36,7406
53	32,2339	38,6263
54	41,0897	39,8405
55	26,7507	38,614
56	37,0508	38,9431
57	32,7194	39,7975
58	32,6163	38,2768
59	38,6902	38,6214
60	37,7637	40,7901
61	30,1045	37,1066
62	35,5301	38,8367
63	40,5671	41,729
64	31,9037	36,4073

Tablo 4.42 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
65	43,9612	40,4972
66	27,4048	40,8953
67	30,1329	41,06
68	33,5746	40,5455
69	42,4776	38,8647
70	36,0526	40,0144
71	37,8553	36,4268
72	26,953	40,1672
73	43,4301	37,6268
74	39,3243	40,0826
75	44,0295	38,353
76	26,7913	41,8547
77	40,4366	36,6292
78	43,0857	40,6369
79	37,9378	38,0371
80	28,4632	37,2088
81	31,8316	41,7287
82	41,8759	41,0799
83	38,0193	38,7466
84	36,4692	39,2282
85	36,027	41,6645
86	44,8318	37,0725
87	35,3113	37,7132
88	44,3913	41,9828
89	42,7425	39,379
90	44,4092	36,6426
91	42,811	37,8454
92	38,513	41,9673
93	37,0036	37,2038
94	43,442	41,5502
95	39,7084	39,7947
96	44,0308	41,4044
97	32,0841	41,0543
98	41,8306	37,545
99	29,4292	37,7259
100	31,0676	36,6449

Tablo 4.42, açılması planlanan 100 adet tesis yerinin stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen koordinatlarını göstermektedir.



Şekil 4.32: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.32, stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin 8. veri kümesi için oluşturduğu öbekleme grafiğidir.

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.43'te verilmektedir.

Tablo 4.43: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SRABCO
Toplam ulaştırma maliyeti	27392,4

4.2.4. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

8. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlar bu bölümde paylaşılmaktadır. Bu bölüm, yöntem sonucunda elde edilen tesis yerlerinin koordinat değerlerini, öbekleme grafiğini içermektedir.

4.2.4.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde, orta ölçekli veri kümesine örnek olarak seçilen 8. Veri kümesi için olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Tablo 4.44: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	44,395	39,9547
2	30,3341	38,4653
3	37,48	39,1522
4	35,3404	38,6899
5	42,5136	38,5172
6	40,2677	37,8758
7	34,9486	39,5203
8	26,5876	41,603
9	43,4463	40,4233
10	34,1615	40,1281
11	37,7472	36,9361
12	41,5411	38,3271
13	43,9508	40,5365
14	40,785	41,1033
15	28,3939	38,7281
16	33,7179	39,1567
17	43,8012	41,2849
18	44,5621	36,6261
19	33,4653	41,0723
20	43,7911	38,0025
21	28,4996	39,7658
22	32,6884	36,9651
23	41,5405	41,0182
24	26,3287	36,4972
25	28,5551	40,7958
26	29,8935	40,9343
27	27,131	40,4706
28	36,9709	41,4265
29	30,7654	38,9618
30	29,6692	39,1322
31	26,4348	38,426
32	40,4166	39,7763
33	34,8965	37,7553
34	43,2199	41,363

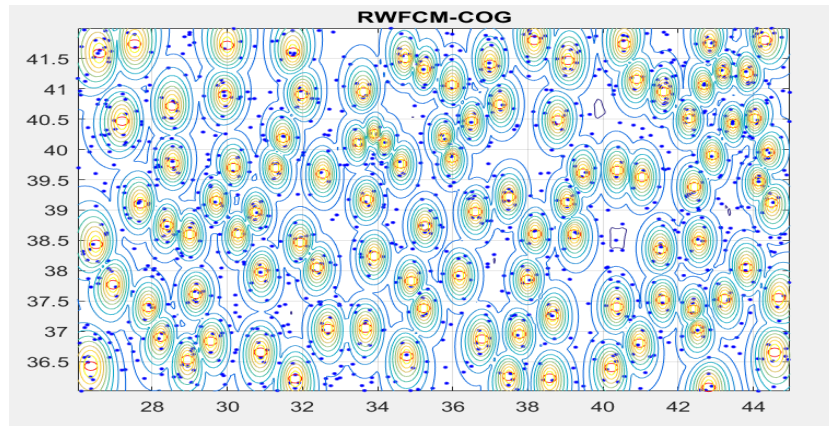
Tablo 4.44 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
35	35,2332	41,3071
36	33,8588	38,2758
37	42,3087	40,5099
38	36,7048	36,8711
39	30,0706	39,6723
40	38,1674	41,8335
41	43,0172	40,1499
42	27,0155	37,7365
43	39,1725	41,5519
44	32,5385	39,625
45	42,4719	37,5169
46	35,2089	37,2929
47	39,47	39,6373
48	33,9718	40,2568
49	30,964	36,6789
50	27,5476	41,8081
51	29,0067	38,7083
52	38,6585	36,1906
53	31,8098	36,2829
54	36,3847	37,9587
55	28,9302	36,522
56	39,2677	38,5568
57	33,4511	40,1094
58	42,5112	37,0171
59	43,3366	37,5024
60	37,2717	40,651
61	35,7152	40,2342
62	42,7314	36,0274
63	41,579	37,4665
64	38,0423	37,8363
65	41,0508	39,4567
66	37,5527	36,2511
67	32,3277	38,0185
68	31,2936	39,6496
69	31,9919	40,92
70	35,9695	39,8785
71	40,2697	36,3908
72	31,9428	38,5331
73	42,4234	39,3242
74	36,6476	38,9476
75	33,7335	36,8046
76	38,8395	40,5323
77	36,4898	40,4472

Tablo 4.44 (devam)

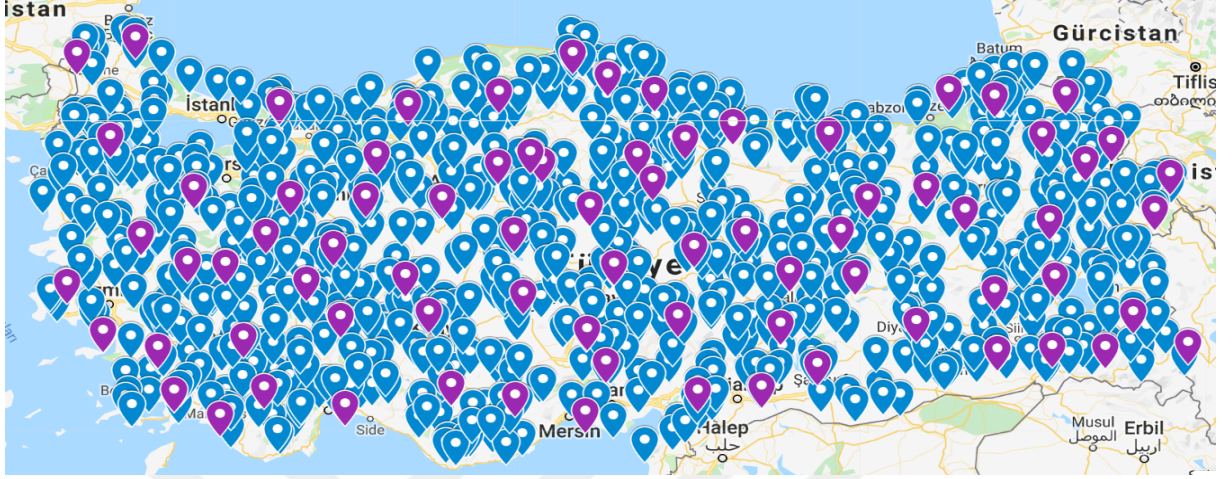
Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
78	34,6688	41,5985
79	39,0241	39,1667
80	38,2029	38,6038
81	40,9281	36,774
82	44,1381	39,4658
83	35,9947	41,0968
84	42,8097	41,6962
85	29,2996	37,6582
86	44,6891	37,566
87	30,0848	41,7189
88	30,8795	37,9482
89	42,6869	41,0622
90	40,6155	41,8366
91	28,1709	36,8791
92	27,6301	39,1133
93	44,533	39,1225
94	29,6364	36,9263
95	31,4725	40,2302
96	38,6459	37,2539
97	31,7872	41,5877
98	34,8695	36,5733
99	27,9112	37,5039
100	44,3261	41,8438

Tablo 4.44, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin kurulmasını önerdiği tesis yerlerinin konumlarını içermektedir.



Şekil 4.33: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.33, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin 1. veri kümesi için oluşturduğu öbek merkezlerinin grafiğidir. Şekil üzerindeki mavi noktalar müşterileri, kırmızı noktalar ise tesis yerlerini simgelemektedir.



Şekil 4.34: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.34, müşteri konumlarının ve belirlenen tesis yerlerinin ve Türkiye haritası üzerinden gösterimidir. Burada, müşteri konumları mavi ile, tesis yerleri mor ile işaretlenmiştir.

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.45’te verilmektedir.

Tablo 4.45: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	ORABCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	28298,05

4.2.4.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde, orta ölçekli veri kümesine örnek olarak seçilen 8. Veri kümesi için stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Tablo 4.46: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	28,1306	38,156
2	32,8767	37,4964
3	33,7758	37,3698
4	28,6696	40,686
5	33,6177	41,2683
6	28,1363	39,9071
7	30,9252	38,4512
8	35,3191	36,3612
9	27,6005	36,9237
10	40,6012	37,9847
11	26,4484	36,5292
12	38,7897	40,5096
13	39,2788	39,2723
14	39,3063	41,7013
15	29,1378	36,7358
16	29,0296	38,8066
17	34,073	40,4748
18	29,8237	38,8404
19	27,7253	39,1915
20	44,3672	40,0928
21	29,0938	41,7909
22	29,464	39,4132
23	41,3927	41,1691
24	28,5987	40,208
25	37,0694	41,4659
26	30,3052	39,8731
27	31,5452	37,3016
28	31,0899	40,5741
29	30,6877	39,1145
30	34,6952	41,4737
31	43,0655	36,571
32	33,6031	36,3446
33	35,335	41,3555
34	42,3793	40,6929
35	33,4762	38,955
36	31,8171	40,271
37	31,0321	41,8337
38	28,3618	38,8321
39	42,9376	41,4668

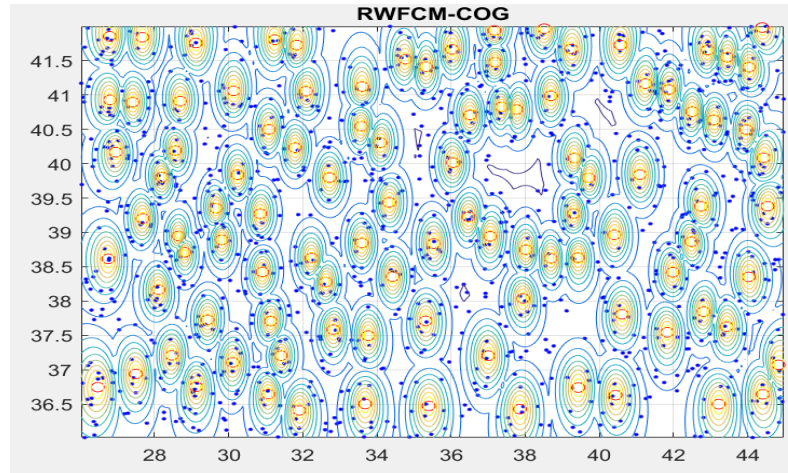
Tablo 4.46 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
40	26,6696	40,8032
41	44,6126	39,3118
42	34,3632	39,5159
43	37,335	40,7887
44	27,6895	41,9585
45	36,5168	40,8485
46	37,1838	42,101
47	40,4259	39,1444
48	31,1818	37,8152
49	42,0695	38,3867
50	34,4139	38,4683
51	39,3792	38,6469
52	39,3291	36,9377
53	32,1582	38,5818
54	41,0849	39,9962
55	26,6735	38,5715
56	37,0367	38,8382
57	32,7267	39,7829
58	32,5102	38,2298
59	38,7047	38,5614
60	37,9877	40,7018
61	30,1743	36,9016
62	35,4909	38,9595
63	40,3574	41,2774
64	31,9267	36,4331
65	43,9445	40,6359
66	27,5252	40,7117
67	30,2344	41,0258
68	33,2162	40,1926
69	42,5141	38,6706
70	36,0518	40,0808
71	38,0811	36,447
72	27,0044	40,0817
73	43,4397	37,6827
74	39,228	40,35
75	43,9367	38,4526
76	26,7935	42,0813
77	40,4203	36,5824
78	43,1624	40,4584
79	37,9641	37,8396
80	28,4631	37,2788
81	31,8018	41,6982

Tablo 4.46 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
82	41,9217	41,3136
83	37,9313	38,7265
84	36,5688	39,3028
85	35,9804	41,7317
86	44,7423	37,3145
87	35,3733	37,7072
88	44,411	42,0772
89	42,6314	39,5648
90	44,3049	36,5849
91	42,7505	37,7274
92	38,6301	41,9699
93	36,8848	37,2086
94	43,5702	41,6645
95	39,9414	39,8937
96	44,3263	41,2349
97	32,0724	41,3273
98	41,6803	37,6315
99	29,455	37,473
100	31,0581	36,6849

Tablo 4.46, stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin kurulmasını önerdiği tesis yerlerinin konumlarını içermektedir.



Şekil 4.35: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.35, stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin 1. veri kümesi için oluşturduğu öbek merkezlerinin grafiğidir.

8. veri kümesinin stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.47’de verilmektedir.

Tablo 4.47: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SRABCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	34159,52

4.2.5. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

8. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen sonuçların paylaşıldığı bu bölümde, kurulması planlanan tesis yerlerinin koordinatları, MATLAB programından elde edilen öbekleme sonuçlarının gösterimi yapılmaktadır.

4.2.5.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasının bu bölümünde, orta ölçekli veri kümesine örnek olarak seçilen 8.veri kümesi için olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi sonuçlarına yer verilmektedir.

Tablo 4.48: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	43,1049	39,5386
2	30,4015	38,3223
3	38,1731	38,5572
4	34,6114	38,4124
5	43,6738	38,9966
6	39,9987	38,4483
7	35,1454	39,7879
8	26,7575	41,6791
9	41,1658	39,0304
10	33,6171	40,9973
11	36,7973	37,0116
12	41,6741	38,2895
13	43,8576	41,0807
14	40,6025	41,1945

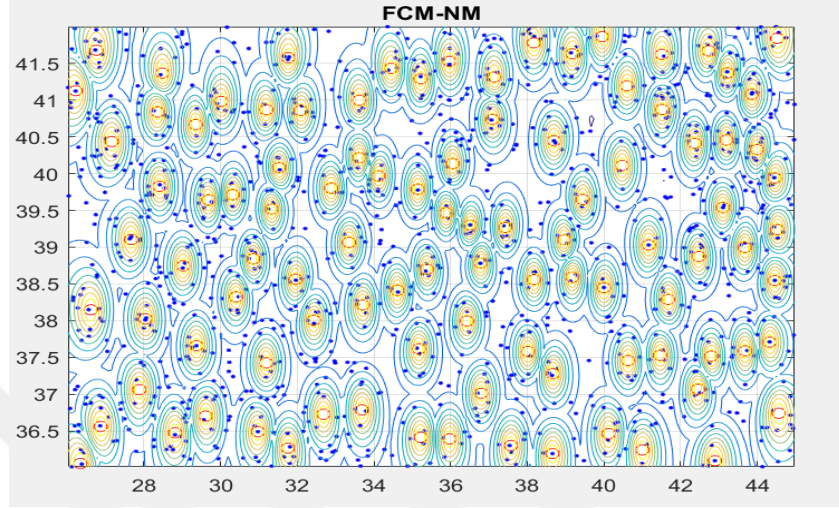
Tablo 4.48 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
15	27,6655	39,1036
16	33,3494	39,0642
17	43,9931	40,3285
18	44,5593	36,7402
19	34,1167	39,9684
20	42,8957	36,0942
21	27,1578	40,4367
22	32,68	36,7267
23	41,5116	41,6233
24	26,3414	36,0567
25	28,4059	39,8271
26	29,3472	40,6674
27	28,3525	40,8388
28	37,1331	41,3143
29	30,8475	38,8414
30	29,6857	39,6424
31	26,6125	38,1473
32	40,4729	40,1103
33	35,1714	37,6155
34	43,2186	41,3702
35	35,2171	41,2902
36	33,7065	38,2128
37	42,366	40,413
38	35,3815	38,7022
39	30,314	39,7127
40	38,1701	41,7793
41	44,4533	38,5452
42	26,8686	36,5602
43	39,1801	41,63
44	32,8873	39,8024
45	41,4655	37,5285
46	35,9678	36,3905
47	39,441	39,6483
48	33,612	40,2156
49	31,1836	37,4245
50	28,4788	41,3676
51	29,0207	38,7451
52	38,6589	36,1913
53	31,7563	36,2661
54	36,424	37,9943
55	28,8128	36,4749
56	39,1712	38,5908
57	32,0889	40,8604

Tablo 4.48 (devam)

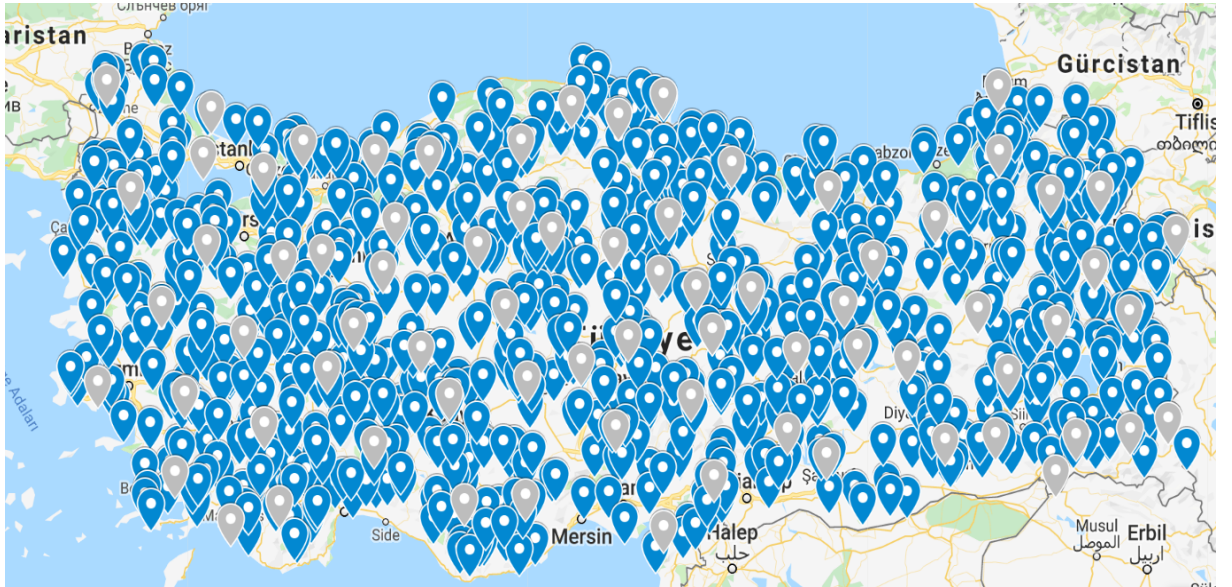
Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
58	42,7973	37,5168
59	42,4534	37,0672
60	36,5106	39,2984
61	35,8911	39,4661
62	44,52	39,238
63	41,0022	36,2414
64	38,0209	37,5812
65	41,5189	40,8732
66	37,5725	36,3009
67	32,4267	38,0048
68	31,3275	39,5177
69	31,1926	40,8696
70	36,051	40,136
71	40,1261	36,4614
72	31,9584	38,5636
73	42,4724	38,8731
74	36,7822	38,7849
75	33,6852	36,7849
76	38,6967	40,4482
77	37,0909	40,7389
78	34,4454	41,4327
79	38,9627	39,0988
80	37,4242	39,2676
81	40,6292	37,457
82	44,4528	39,9397
83	35,9632	41,529
84	42,7311	41,6703
85	29,3685	37,6577
86	44,3206	37,7085
87	30,0109	40,9841
88	30,9725	36,4902
89	43,1952	40,4577
90	39,9497	41,8644
91	28,0393	38,0246
92	26,2199	41,1276
93	43,6831	37,5874
94	29,6081	36,7015
95	31,5272	40,0821
96	38,6676	37,2793
97	31,7626	41,5777
98	35,218	36,4135
99	27,8774	37,0607
100	44,5185	41,8412

Tablo 4.48’de olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin kurulması planlanan tesisler için önerdiği koordinatlar verilmektedir.



Şekil 4.36: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Öbek merkezlerinin ve müşterilerin dağılımları Şekil 4.36’da gösterilmektedir. Burada mavi noktalar müşteri konumları iken kırmızı noktalar kurulması önerilen tesis yerlerini simgelemektedir.



Şekil 4.37: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Kurulması önerilen tesis yerlerinin ve müşterilen konumlarının Türkiye haritası üzerindeki gösterimi Şekil 4.37’de yapılmaktadır. Mavi ile işaretlenmiş noktalar müşterileri, gri ile işaretlenen yerler ise açılması önerilen tesis yerlerini simgelemektedir.

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.49’da verilmektedir.

Tablo 4.49: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	OBCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	30711,75

4.2.5.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasının bu bölümünde, orta ölçekli veri kümesine örnek olarak seçilen 8.veri kümesi için stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi sonuçlarına yer verilmektedir.

Tablo 4.50: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	28,9107	38,687
2	28,1879	39,8364
3	40,2457	36,6399
4	43,1493	36,6834
5	37,2807	40,7956
6	43,5254	40,4125
7	31,7544	41,6251
8	44,3487	40,0394
9	35,9096	39,9077
10	43,005	41,1553
11	44,4992	36,6168
12	42,563	37,5143
13	28,6958	40,6672
14	27,0319	37,0443
15	39,2679	41,636
16	30,9325	38,3427
17	37,2357	41,4449

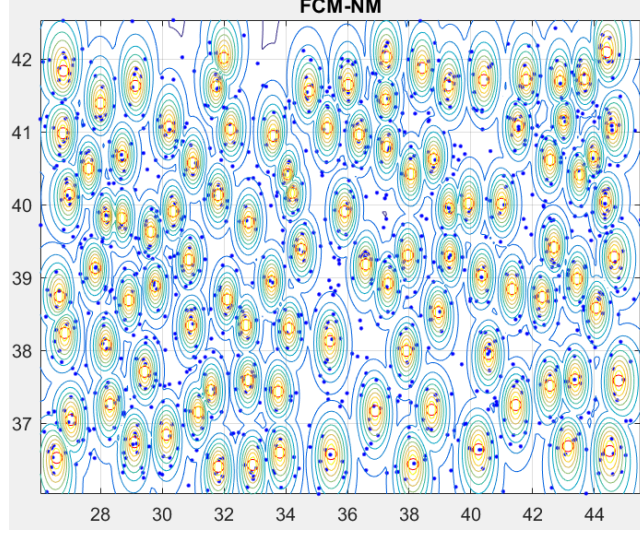
Tablo 4.50 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
18	39,3112	39,2945
19	40,9964	40,0118
20	36,5934	39,1786
21	38,7895	40,6264
22	30,3487	39,9077
23	33,8021	36,5943
24	42,6895	39,4137
25	29,121	41,6314
26	32,7074	38,3469
27	32,1069	38,6988
28	37,9117	37,9928
29	32,7909	39,7579
30	31,7994	40,1314
31	42,5708	40,6156
32	42,8929	41,6941
33	26,7769	40,9809
34	26,574	36,5234
35	37,3109	38,9156
36	34,2111	40,1623
37	44,4026	42,0949
38	38,9507	38,5236
39	41,3304	38,841
40	44,6411	39,2831
41	36,8955	37,1676
42	26,665	38,7409
43	29,7636	38,881
44	38,4187	41,8772
45	36,0186	41,6441
46	34,0998	38,3008
47	44,0606	38,5822
48	43,9705	40,6601
49	38,0526	40,4221
50	44,7873	37,5837
51	34,0659	40,4195
52	44,5765	41,0516
53	32,2037	41,0369
54	27,608	40,4945
55	26,8352	38,2385
56	40,5731	37,9481
57	41,4496	37,248
58	29,6213	39,6269
59	34,7576	41,5599
60	28,1664	38,0746

Tablo 4.50 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
61	33,5376	38,9445
62	33,752	37,4326
63	30,132	36,84
64	40,4205	41,7122
65	37,2579	42,0306
66	37,9541	39,3047
67	30,8587	39,2435
68	43,3746	37,5997
69	43,4395	38,982
70	39,9207	40,0149
71	32,9281	36,4262
72	35,4283	38,1273
73	42,3102	38,7318
74	31,8112	36,4009
75	26,9736	40,1369
76	35,343	41,0538
77	30,9837	40,574
78	39,2879	39,9512
79	27,9888	41,3942
80	27,8281	39,1299
81	29,4271	37,7057
82	29,0919	36,7374
83	40,3532	39,0262
84	34,4972	39,3907
85	38,727	37,1834
86	30,2129	41,0695
87	28,3018	37,2579
88	43,6742	41,7254
89	31,1632	37,1512
90	36,3729	40,9627
91	41,5336	41,0808
92	31,5748	37,4523
93	41,7858	41,715
94	35,4668	36,5742
95	31,9872	42,0153
96	38,1207	36,4361
97	32,7725	37,5886
98	28,6879	39,8156
99	33,5939	40,9444
100	26,7885	41,8377

Tablo 4.50’de stokastik bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin kurulması planlanan tesisler için önerdiği koordinatlar verilmektedir.



Şekil 4.38: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Öbek merkezlerinin ve müşterilerin dağılımları Şekil 4.38’de gösterilmektedir.

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.51’de verilmektedir.

Tablo 4.51: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SBCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	27777,43

4.2.6. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 8.veri kümesi için olasılıklı ve stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir. Açılması planlanan tesislerin konum bilgileri, öbek merkezleri ve müşterilerin oluşturduğu öbekleme grafiği sırasıyla paylaşılmaktadır.

4.2.6.1.Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

Orta ölçekli veri kümesine örnek olarak seçilen 8. Veri kümesi için olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Tablo 4.52: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	44,493	40,2471
2	30,4016	38,3236
3	37,4542	39,2685
4	35,3455	38,6733
5	42,4974	38,773
6	40,2127	38,0279
7	35,138	39,4496
8	26,5796	41,5114
9	43,2123	40,4803
10	34,1259	40,1916
11	39,5515	36,9215
12	41,5454	38,3907
13	43,9877	40,5445
14	40,8149	41,1827
15	28,4337	38,7329
16	34,132	39,2572
17	43,8333	41,2695
18	44,6877	36,7173
19	33,6092	41,0369
20	43,7473	38,1759
21	28,4327	39,8355
22	32,6868	36,7802
23	41,501	40,9771
24	26,3591	36,4007
25	28,5632	40,8397
26	29,8956	40,9502
27	27,1439	40,4713
28	37,2074	41,3736
29	30,8552	38,9016
30	29,6764	39,5028
31	26,4346	38,403
32	40,5149	40,1974
33	35,1298	37,6261
34	43,2864	41,3673
35	35,2188	41,3193

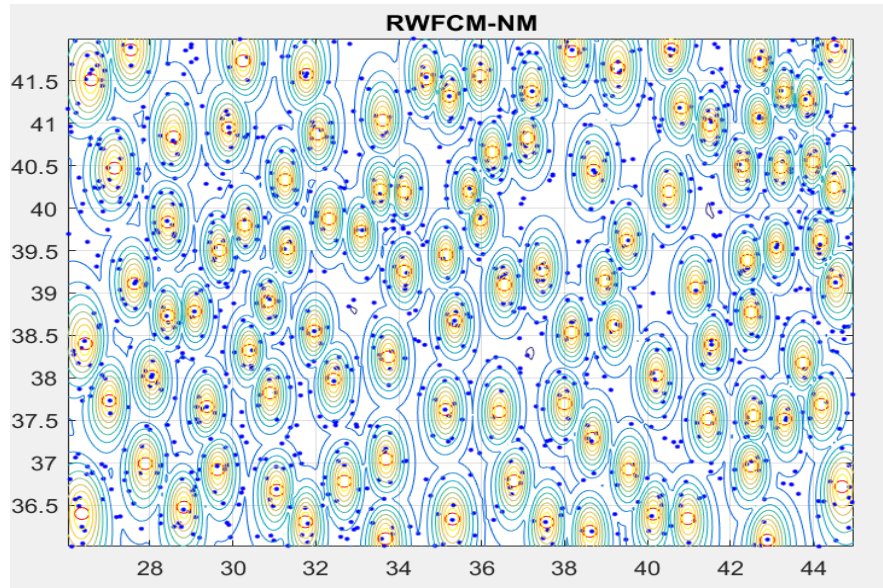
Tablo 4.52 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
36	33,7495	38,2484
37	42,2857	40,4981
38	36,7749	36,7865
39	30,2832	39,7989
40	38,1759	41,8483
41	43,1069	39,5375
42	27,0189	37,7302
43	39,2792	41,6554
44	32,3161	39,8741
45	42,5501	37,5521
46	35,2955	36,3362
47	39,4918	39,6208
48	33,5554	40,2188
49	31,0564	36,6746
50	27,5341	41,8668
51	29,0702	38,7823
52	38,6087	36,1917
53	31,7472	36,3046
54	36,4203	37,5997
55	28,8175	36,4758
56	39,1923	38,6163
57	33,0955	39,7287
58	42,4929	36,9601
59	43,2985	37,5141
60	37,1003	40,8283
61	35,7056	40,1986
62	42,8899	36,0882
63	41,4673	37,5125
64	37,9969	37,6945
65	41,1593	39,0611
66	37,5704	36,2987
67	32,4236	37,9838
68	31,3119	39,5223
69	32,0441	40,874
70	35,9704	39,8605
71	40,1363	36,3952
72	31,963	38,5512
73	42,4087	39,3853
74	36,5452	39,0973
75	33,6912	37,0411
76	38,6968	40,4476
77	36,2543	40,6613
78	34,6724	41,5233

Tablo 4.52 (devam)

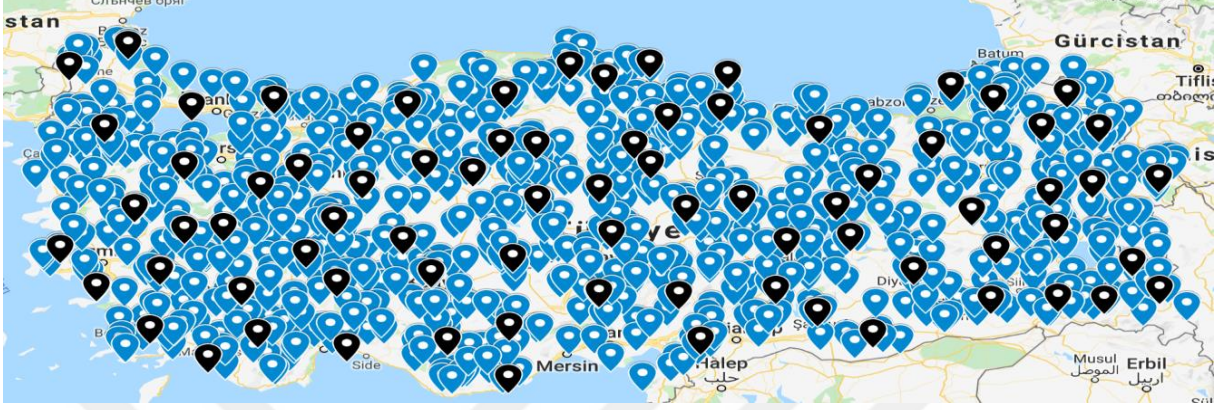
Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
79	38,9711	39,1437
80	38,1696	38,5364
81	40,9694	36,3418
82	44,1673	39,6177
83	35,957	41,561
84	42,7084	41,723
85	29,3691	37,6611
86	44,1907	37,6864
87	30,2443	41,7351
88	30,8972	37,8221
89	42,6872	41,0618
90	40,5737	41,8755
91	27,8906	36,9895
92	27,6273	39,1126
93	44,5353	39,1241
94	29,6287	36,9188
95	31,2584	40,3357
96	38,6701	37,2893
97	31,7723	41,5763
98	33,6755	36,1045
99	28,0499	38,0194
100	44,5102	41,903

Tablo 4.52, kurulması önerilen tesis yerlerinin konum bilgilerini içermektedir.



Şekil 4.39: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Müşteri ve kurulması önerilen tesis yerlerinin öbekleme sonuçlarının gösterimi Şekil 4.39’da belirtilmiştir. Şekil üzerindeki mavi noktalar müşteri konumlarını, kırmızı noktalar tesis yerlerini göstermektedir.



Şekil 4.40: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.40, müşterilerin ve uygulanan yöntem sonucunda açılması önerilen tesis yerlerinin Türkiye haritası üzerindeki gösterimidir. Şekil üzerindeki mavi yerler müşteri konumlarını, siyah yerler ise kurulması önerilen tesis yerlerini simgelemektedir.

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin olasıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.53’te verilmektedir.

Tablo 4.53: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	ORABCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	28771,61

4.2.6.2.Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

Orta ölçekli veri kümesine örnek olarak seçilen 8. Veri kümesi için stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Tablo 4.54: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri sonuçları.

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	28,1451	38,0634
2	32,7945	37,5431
3	33,7601	37,4606
4	28,6644	40,9321
5	33,6156	41,1912
6	28,1888	39,8163
7	30,8812	38,4136
8	35,3874	36,4729
9	27,5391	36,9592
10	40,6257	37,753
11	26,5079	36,7437
12	38,6838	40,9236
13	39,2806	39,2887
14	39,2669	41,6434
15	29,094	36,7196
16	28,8937	38,7227
17	34,0994	40,3317
18	29,8371	38,9647
19	27,6843	39,1481
20	44,4325	40,1699
21	29,122	41,6971
22	29,637	39,3987
23	41,3245	41,1819
24	28,5232	40,2993
25	37,2647	41,4404
26	30,2484	39,8723
27	31,5177	37,1314
28	31,0678	40,4947
29	30,8448	39,295
30	34,7345	41,523
31	43,1618	36,5683
32	33,6837	36,4704
33	35,3343	41,2625
34	42,4283	40,7232
35	33,518	38,8803
36	31,7868	40,2037
37	31,2715	41,7942
38	28,5831	38,9633
39	42,7908	41,7726
40	26,6903	40,9893
41	44,5755	39,3401

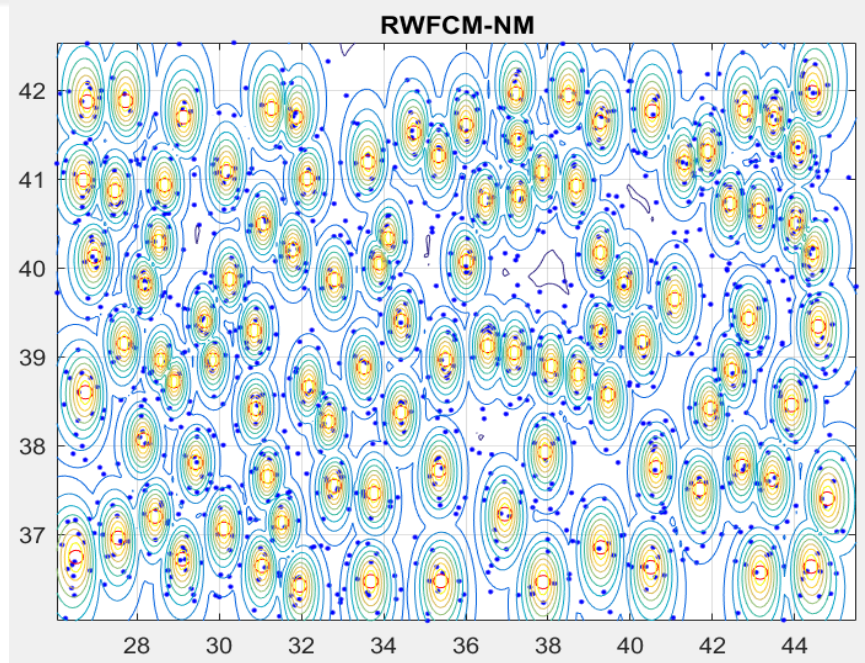
Tablo 4.54 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
42	34,4181	39,4043
43	37,2894	40,8083
44	27,713	41,8806
45	36,4801	40,7657
46	37,2185	41,9627
47	40,2929	39,1658
48	31,1714	37,651
49	41,9509	38,4184
50	34,4166	38,3694
51	39,457	38,5711
52	39,2852	36,8524
53	32,1831	38,6594
54	41,0825	39,6457
55	26,7394	38,5985
56	37,1737	39,0446
57	32,7937	39,868
58	32,6558	38,2698
59	38,7282	38,8006
60	37,8589	41,0805
61	30,1098	37,0627
62	35,5015	38,9656
63	40,534	41,7636
64	31,9531	36,4235
65	44,0396	40,5006
66	27,4582	40,867
67	30,1715	41,0845
68	33,8953	40,0505
69	42,4682	38,8486
70	36,0103	40,0693
71	37,8762	36,4614
72	26,9589	40,1274
73	43,4527	37,6167
74	39,2718	40,1708
75	43,9222	38,4554
76	26,7824	41,8715
77	40,4973	36,6292
78	43,1275	40,647
79	37,926	37,9263
80	28,4362	37,1997
81	31,8643	41,6979
82	41,8812	41,3111

Tablo 4.54 (devam)

Öbek Merkezi	X Koordinatı	Y Koordinatı
83	38,0736	38,8942
84	36,5324	39,1187
85	35,9997	41,6064
86	44,7957	37,4008
87	35,3417	37,7198
88	44,4312	41,9786
89	42,8815	39,4281
90	44,4005	36,6364
91	42,7248	37,7687
92	38,4948	41,9438
93	36,949	37,2266
94	43,4923	41,6795
95	39,8456	39,8232
96	44,0862	41,3505
97	32,1329	41,0034
98	41,696	37,5059
99	29,4216	37,8052
100	31,0399	36,6439

Tablo 4.54, kurulması önerilen tesis yerlerinin konum bilgilerini içermektedir.



Şekil 4.41: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin orta ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Müşteri ve kurulması önerilen tesis yerlerinin öbekleme sonuçlarının gösterimi Şekil 4.41’de belirtilmiştir. Şekil üzerindeki mavi noktalar müşteri konumlarını, kırmızı noktalar tesis yerlerini göstermektedir.

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.55’te verilmektedir.

Tablo 4.55: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin küçük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SRABCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	26568,99

4.2.7. Orta Ölçekli Veri Kümesi (8. Veri Kümesi) İçin Sonuçların Karşılaştırması

Orta ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 8. veri kümesinin önerilen tüm yöntemlerin sonuçları ile karşılaştırması hem toplam ulaştırma maliyeti hem de işlem süresi ile yapılmaktadır.

4.7.1.1. Orta Ölçekli Veri Kümesi Örneği (8.Verdi Kümesi) İçin Olasılıklı Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde, 8. Veri kümesi için önerilen tüm olasılıklı yöntemlerin uygulaması sonucunda elde edilen toplam ulaştırma maliyetlerinin ve işlem sürelerinin karşılaştırılmasına yer verilmektedir.

Tablo 4.56: Tüm olasılıklı yöntemlerin orta ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.

OBCO	OBCO-GM	ORABCO	ORABCO-GM	OBCO-NM	ORABCO-NM
30285,64	29128,20	28593,57	28298,05	30711,75	28771,61

Önerilen tüm olasılıklı yöntemlerin 8. veri kümesinde oluşturduğu toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.56’da gösterilmektedir. Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi tüm yöntemlerden daha iyi sonuç vermiştir.

Tablo 4.57: Tüm olasılıklı yöntemlerin orta ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması.

OBCO	OBCO-GM	ORABCO	ORABCO-GM	OBCO-NM	ORABCO-NM
6,44	8,36	6,38	8,93	131,54	246,07

Önerilen yöntemlerin 1. veri kümesindeki uygulaması sonucu elde edilen işlem süreleri Tablo 4.57’de verilmektedir. Buna göre en hızlı sonucu veren yöntem, stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemidir.

4.7.1.2. Orta Ölçekli Veri Kümesi Örneği (8. Veri Kümesi) İçin Stokastik Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde, 8. Veri kümesi için önerilen tüm stokastik yöntemlerin uygulaması sonucunda elde edilen toplam ulaştırma maliyetlerinin ve işlem sürelerinin karşılaştırılmasına yer verilmektedir.

Tablo 4.58: Tüm stokastik yöntemlerin orta ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.

SBCO	SBCO-GM	SRABCO	SRABCO-GM	SBCO-NM	SRABCO-NM
28209,15	27123,60	27392,44	34159,52	27777,43	26568,99

Önerilen tüm stokastik yöntemlerin 8. veri kümesinde oluşturduğu toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.58’de gösterilmektedir. Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi tüm yöntemlerden daha iyi sonuç vermiştir.

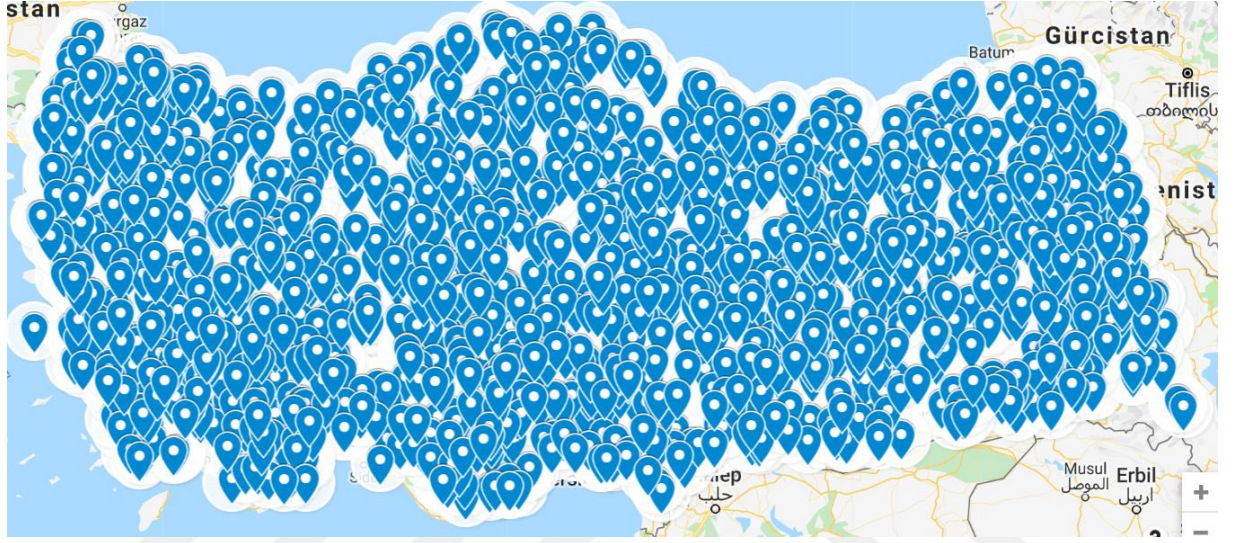
Tablo 4.59: Tüm stokastik yöntemlerin orta ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması.

SBCO	SBCO-GM	SRABCO	SRABCO-GM	SBCO-NM	SRABCO-NM
6,11	7,54	8,67	6,40	351,66	745,61

Buna göre en hızlı sonucu veren yöntem, stokastik bulanık c-ortalamlar yöntemidir.

4.3. BÜYÜK ÖLÇEKLİ VERİ KÜMESİ ÖRNEĞİ (14. VERİ KÜMESİ) İÇİN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Büyük ölçekli veri kümesi örneği için tez çalışmasının 14. veri kümesi seçilmiştir. Bu veri kümesi 20000 adet müşteri içermekte ve bu müşterilerin taleplerini karşılayacak 800 adet tesis yeri seçimi yapılmak istenmektedir. Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 14.veri kümesi için önerilen tüm yöntemlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir.



Şekil 4.42: Büyük ölçekli veri kümesi örneği (14. Veri kümesi) için Müşteri koordinatlarının ortalamalarının harita üzerinde gösterimi.

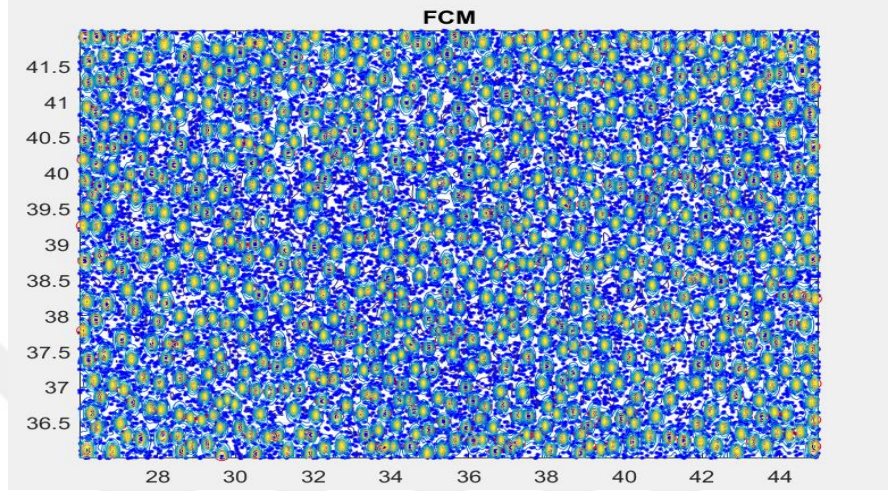
14.veri kümesine ait müşteri verilerinin Türkiye haritası üzerindeki dağılımı Şekil 4.17’de gösterilmektedir. Önerilen tüm yöntemler ile bu müşterilerin taleplerini karşılamak üzere 800 adet tesis yeri seçimi yapılmaktadır.

4.3.1. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

14. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen öbekleme grafiği ve Türkiye haritası üzerinde müşteri konumlarının ve tesis yerlerinin gösterimi bu bölümde verilmektedir.

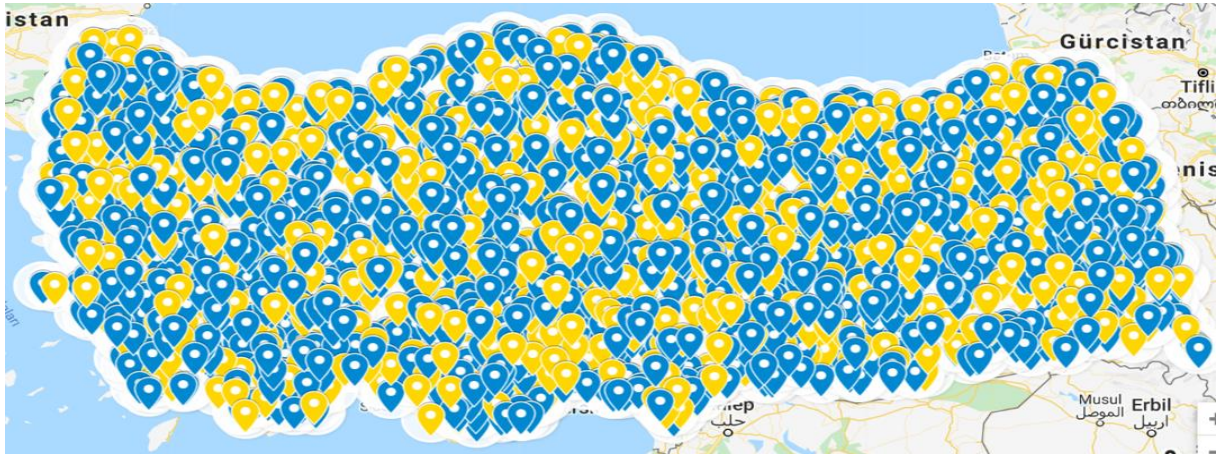
4.3.1.1. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde, büyük veri kümesi örneği olarak seçilen 14. Veri kümesi için olasılıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen sonuçlar yer almaktadır.



Şekil 4.43: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.43, MATLAB programından elde edilen öbek merkezlerinin ve müşteri konumlarının gösterimidir. Şekil üzerindeki mavi noktalar ise müşteri konumlarını temsil etmektedir. Öbekleme işleminde Öklid uzaklık ölçütü kullanıldığı için öbeklerin küresel şekilde olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 4.44: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.44, müşteri konumlarının ve öbek merkezlerinin Türkiye haritası üzerindeki gösterimidir. Şekil üzerinde mavi ile işaretlenmiş yerler müşteri konumlarını, sarı ile işaretlenmiş yerler ise kurulması önerilen tesislerin koordinat noktalarını simgelemektedir.

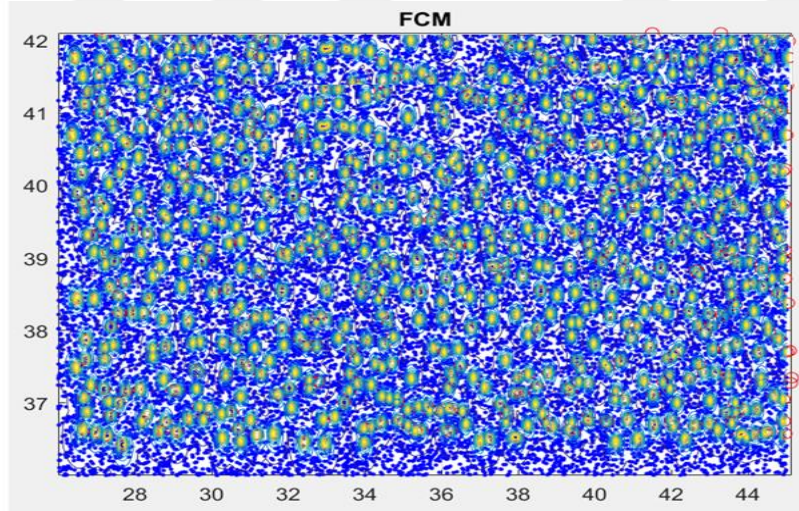
Büyük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 14. veri kümesinin olasılıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.60’da verilmektedir.

Tablo 4.60: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	OBCO
Toplam ulaştırma maliyeti	553645,85

4.3.1.2. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasının bu bölümünde, büyük veri kümesi örneği olarak seçilen 14. Veri kümesi için stokastik bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.



Şekil 4.45: Stokastik bulanık c-ortalamlar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.45, MATLAB programından elde edilen öbek merkezlerinin ve müşteri konumlarının gösterimidir.

14. veri kümesinin stokastik bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.61’de verilmektedir.

Tablo 4.61: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

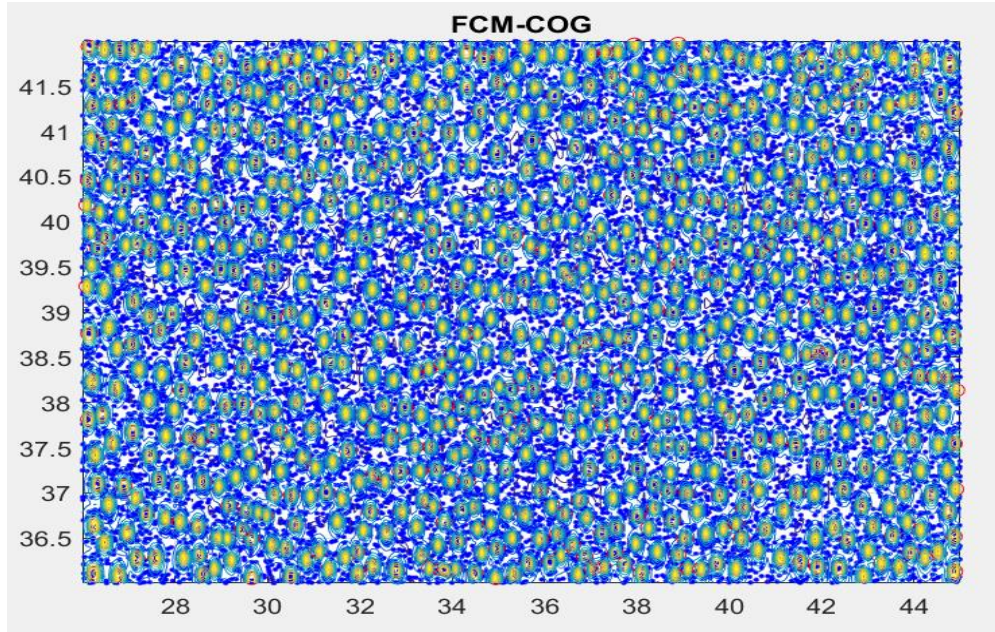
	SBCO
Toplam ulaştırma maliyeti	582785,10

4.3.2. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 14. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir. Sonuçlar, MATLAB programından elde edilen öbekleme grafiğini ve Türkiye haritası üzerinde müşteri konumlarının ve tesis yerlerinin gösterimini içermektedir.

4.3.2.1. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamalar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

14. veri kümesi için olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.



Şekil 4.46: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.46, olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin oluşturduğu öbeklemenin MATLAB grafiğidir. Burada, öbek merkezleri kırmızı, müşteri konumları mavi ile işaretlenmiştir.



Şekil 4.47: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.47, olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin belirlediği tesis yeri konumlarının ve müşteri konumlarının Türkiye haritası üzerinde gösterimidir. Burada, mavi ile işaretlenmiş yerler müşteri konumlarını, kırmızı ile işaretlenmiş olan noktalar ise açılması planlanan tesis yerlerini simgelemektedir.

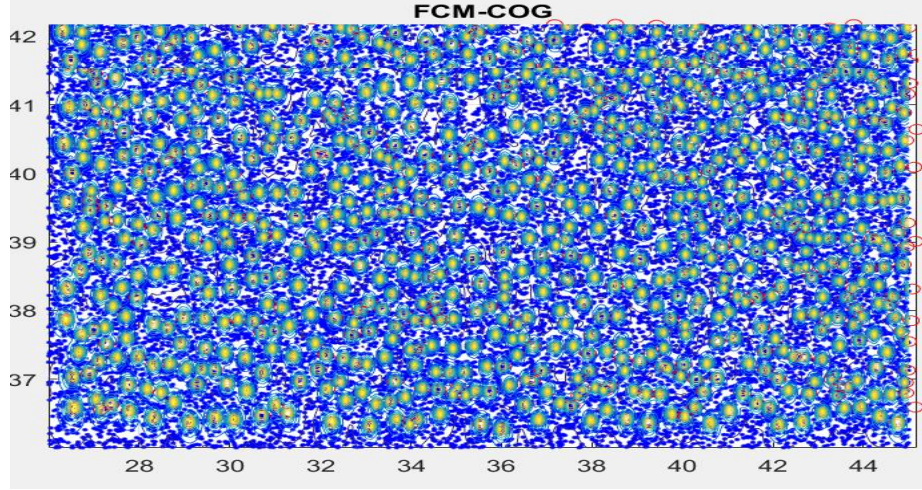
Büyük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 14. veri kümesinin olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.62’de verilmektedir.

Tablo 4.62: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	OBCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	527133,30

4.3.2.2. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

14. veri kümesi için stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.



Şekil 4.48: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.48, stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin oluşturduğu öbeklemenin MATLAB grafiğidir. Burada, öbek merkezleri kırmızı, müşteri konumları mavi ile işaretlenmiştir.

Büyük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 14. veri kümesinin stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.63'te verilmektedir.

Tablo 4.63: Stokastik bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

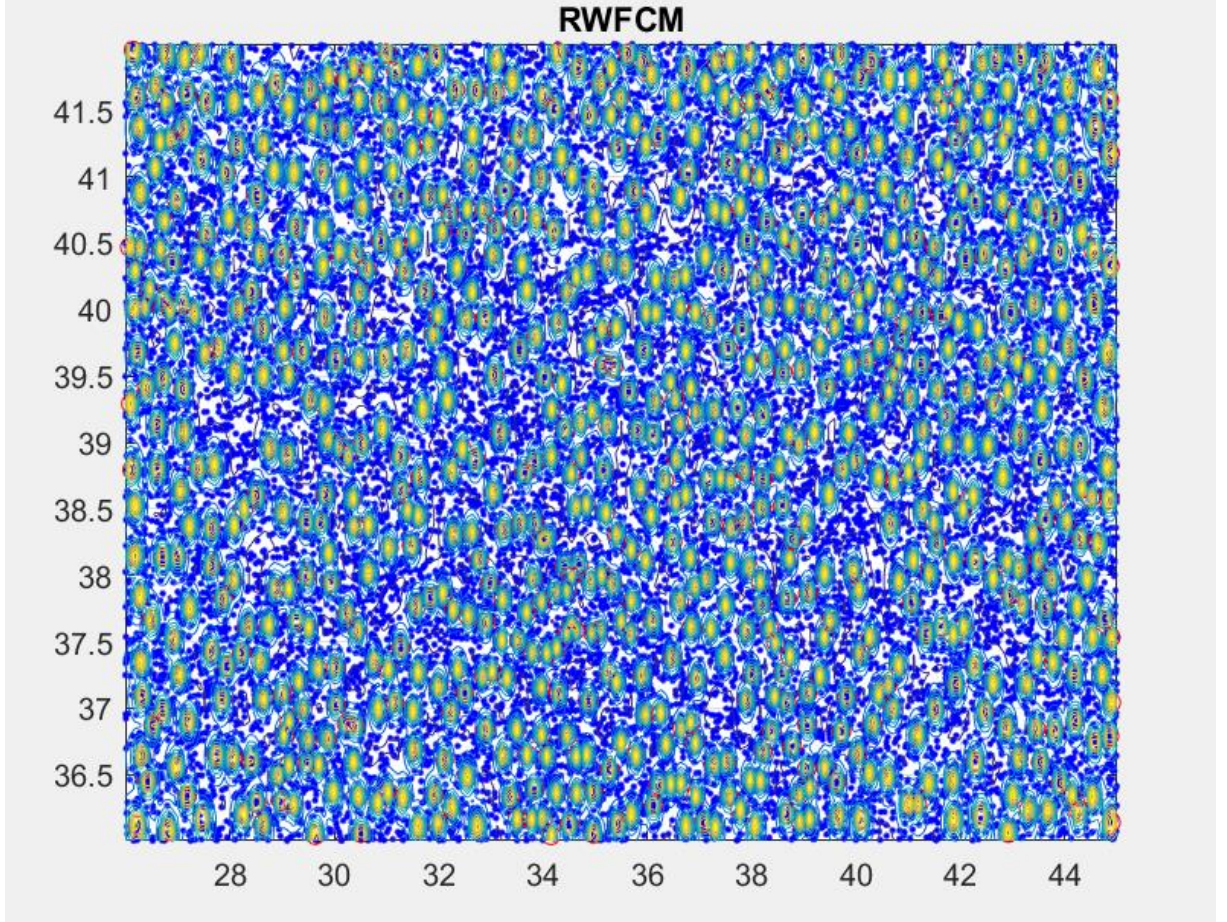
	SBCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	554877,2

4.3.3. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 14. veri kümesi için olasılıklı stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. MATLAB programından elde edilen öbekleme sonuçlarının grafiği bu bölümde paylaşılmaktadır.

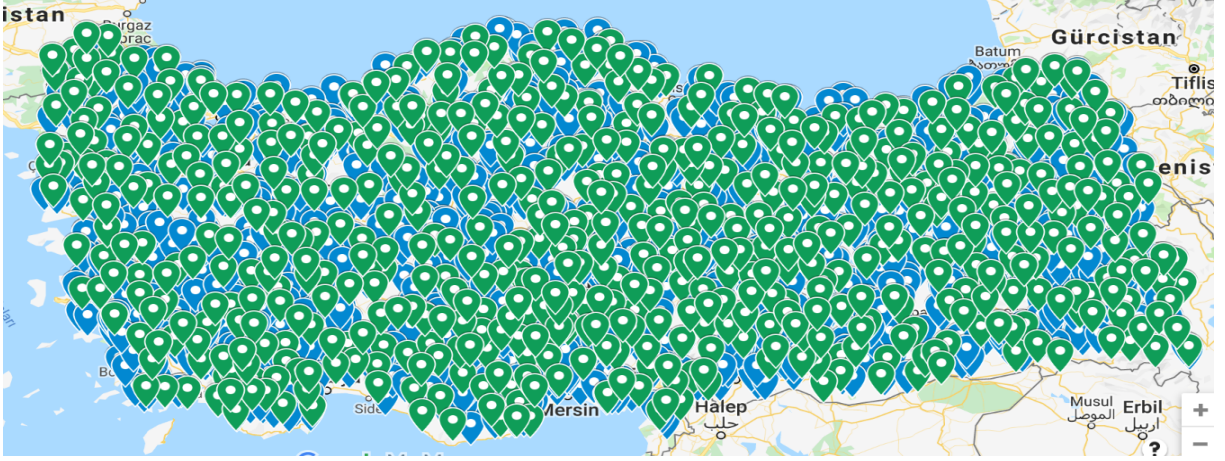
4.3.3.1. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamalar Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasının bu bölümünde, büyük veri kümesi uygulama örneği olarak seçilen 14. Veri kümesi için olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminden elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.



Şekil 4.49: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.49, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin 14. veri kümesi için oluşturduğu öbekteleme grafiğidir. Burada müşteriler mavi ile tesis yerleri ise kırmızı ile simgelenmektedir.



Şekil 4.50: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık bulanık c-ortalamalar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.50, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yöntemiyle elde edilen tesis yerlerinin konumlarını ve müşteri konumlarını Türkiye haritası üzerinden göstermektedir. Burada açılması planlanan tesis yerleri yeşil ile, müşteri konumları ise mavi ile işaretlenmiştir.

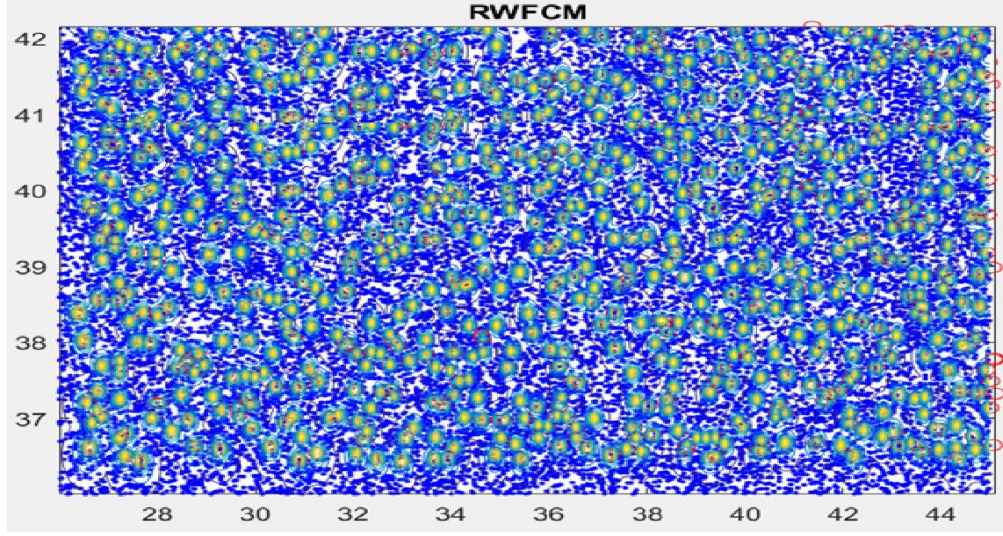
Büyük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 14. veri kümesinin olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.64’te verilmektedir.

Tablo 4.64: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	ORABCO
Toplam ulaştırma maliyeti	522225,20

4.3.3.2. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasının bu bölümünde, büyük veri kümesi uygulama örneği olarak seçilen 14. Veri kümesi için stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminden elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.



Şekil 4.51: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.51, stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin 14. veri kümesi için oluşturduğu öbekleme grafiğidir.

Büyük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 14. veri kümesinin stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.65’te verilmektedir.

Tablo 4.65: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

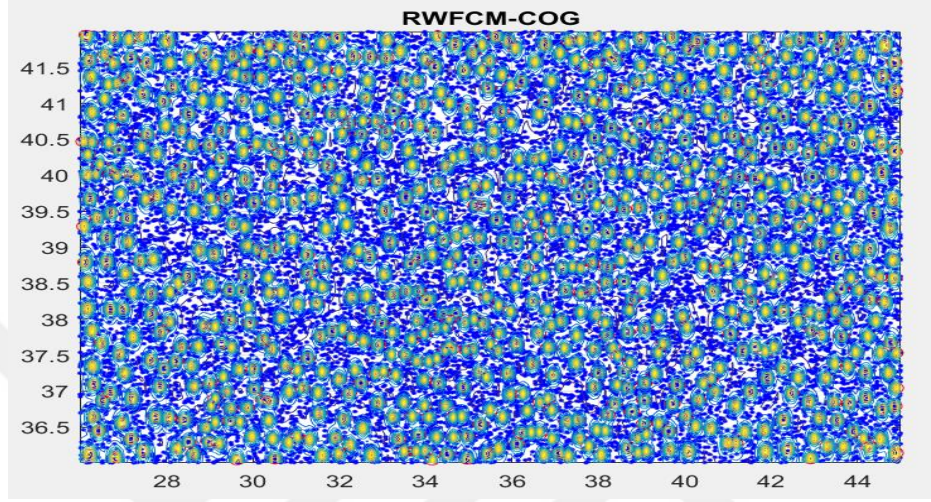
	SRABCO
Toplam ulaştırma maliyeti	572414

4.3.4. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

14. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik revize gravite bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlar bu bölümde paylaşılmaktadır. Bu bölüm, öbekleme grafiğini, müşterilerin ve tesislerin Türkiye haritası üzerinde gösterimini içermektedir.

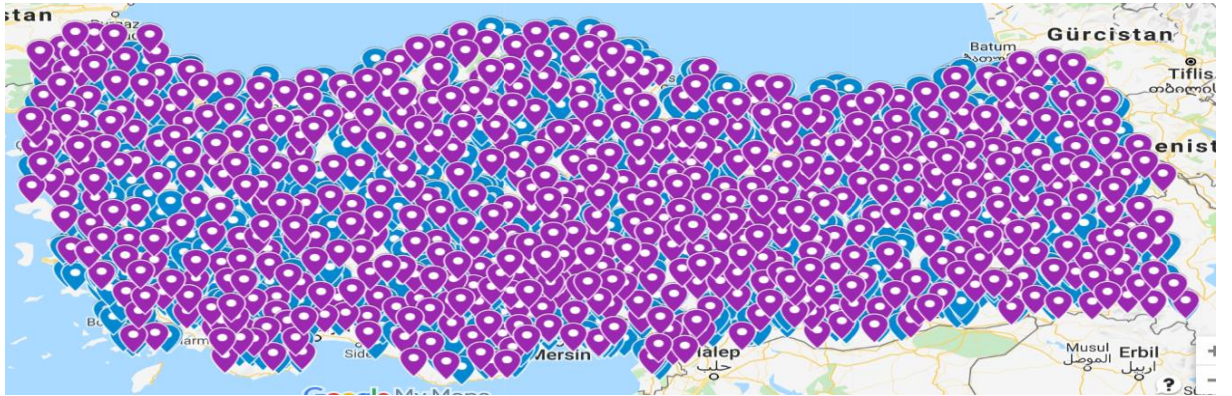
4.3.4.1. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasının bu bölümünde, 14. veri kümesi için olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlar yer almaktadır.



Şekil 4.52: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.52, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin 14. veri kümesi için oluşturduğu öbek merkezlerinin grafiğidir. Şekil üzerindeki mavi noktalar müşterileri, kırmızı noktalar ise tesis yerlerini simgelemektedir.



Şekil 4.53: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık bulanık c-ortalamlar ve ağırlık merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.53, müşteri konumlarının ve belirlenen tesis yerlerinin ve Türkiye haritası üzerinden gösterimidir. Burada, müşteri konumları mavi ile, tesis yerleri mor ile işaretlenmiştir.

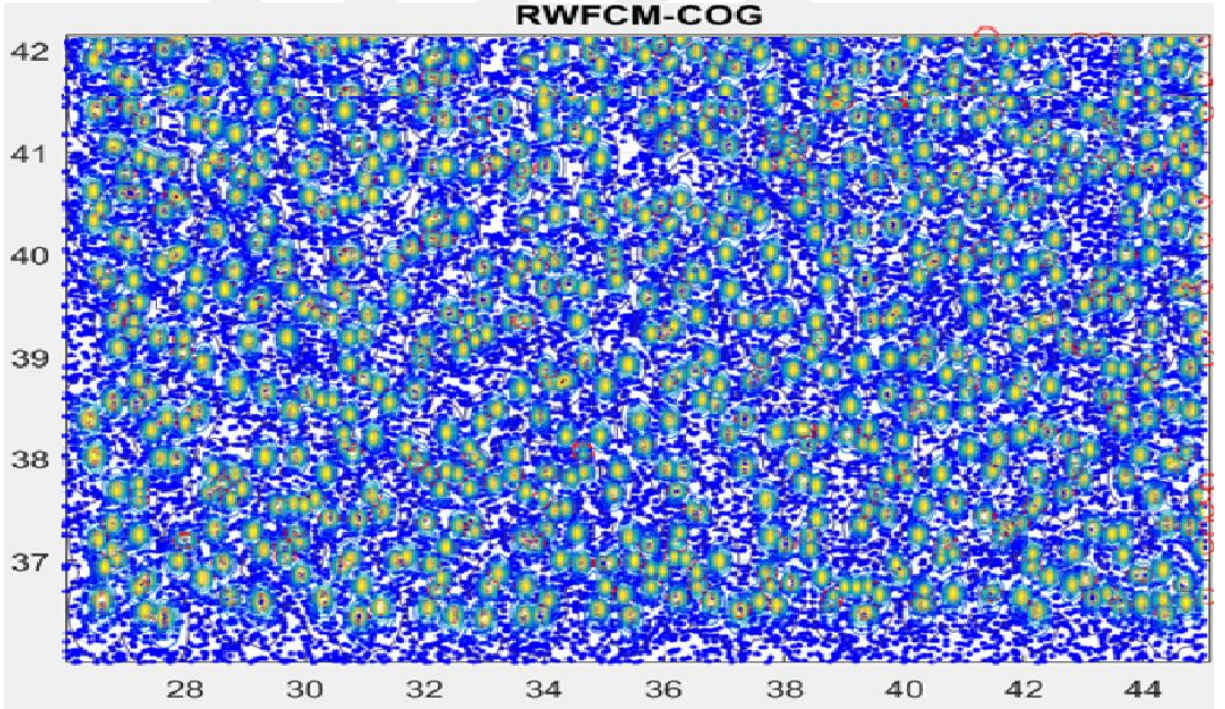
Büyük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 14. veri kümesinin olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.66’da verilmektedir.

Tablo 4.66: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	ORABCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	519814,34

4.3.4.2. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Gravite Merkezi Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasının bu bölümünde, 14. veri kümesi için stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen sonuçlar yer almaktadır.



Şekil 4.54: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Şekil 4.54, stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin 14. veri kümesi için oluşturduğu öbek merkezlerinin grafiğidir.

14. veri kümesinin stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.67’de verilmektedir.

Tablo 4.67: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

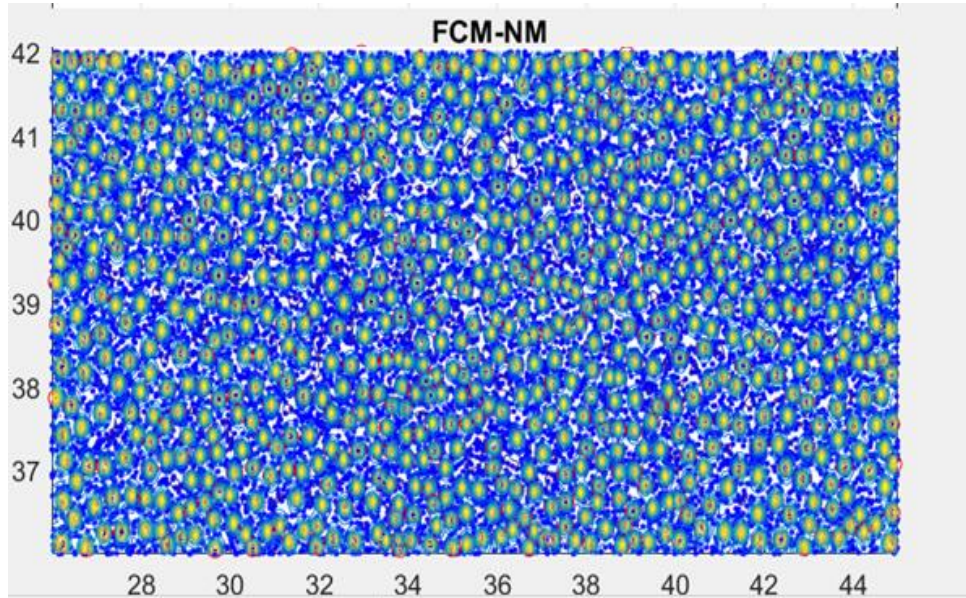
	SRABCO-GM
Toplam ulaştırma maliyeti	549710,77

4.3.5. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

14. veri kümesi için olasılıklı ve stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen sonuçların paylaşıldığı bu bölümde, MATLAB programından elde edilen öbekleme sonuçlarının grafiği, müşterilerin ve yöntemin açılmasını önerdiği tesislerin Türkiye haritası üzerinden gösterimi yapılmaktadır.

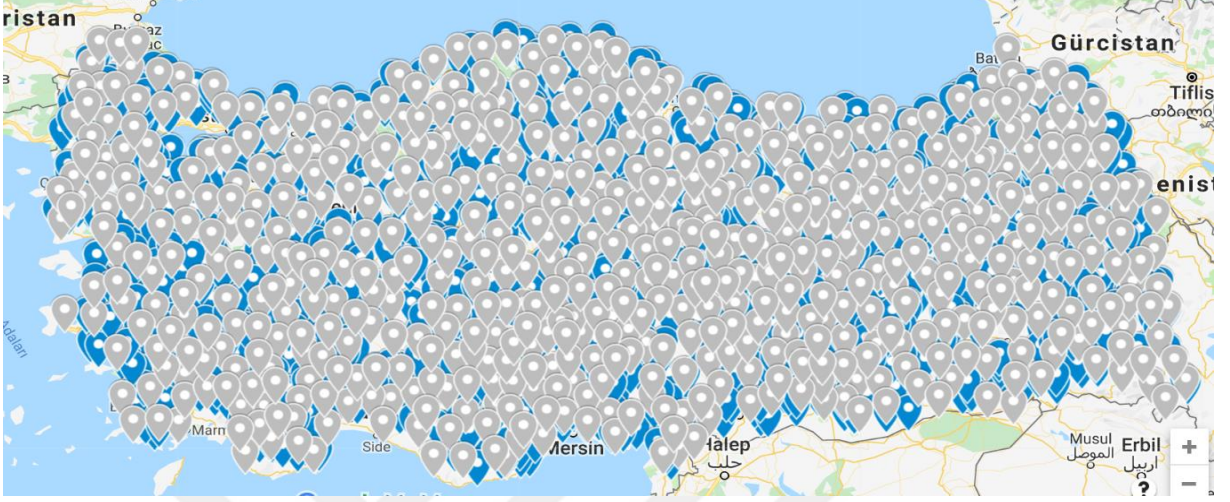
4.3.5.1. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasının bu bölümünde, 14. Veri kümesi için olasılıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile edlde edilen sonuçlara yer verilmektedir.



Şekil 4.55: Olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Öbek merkezlerinin ve müşterilerin dağılımları Şekil 4.55'te gösterilmektedir. Burada mavi noktalar müşteri konumları iken kırmızı noktalar kurulması önerilen tesis yerlerini simgelemektedir.



Şekil 4.56: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Kurulması önerilen tesis yerlerinin ve müşterilerin konumlarının Türkiye haritası üzerindeki gösterimi Şekil 4.56'da verilmektedir. Mavi ile işaretlenmiş noktalar müşterileri, gri ile işaretlenen yerler ise açılması önerilen tesis yerlerini simgelemektedir.

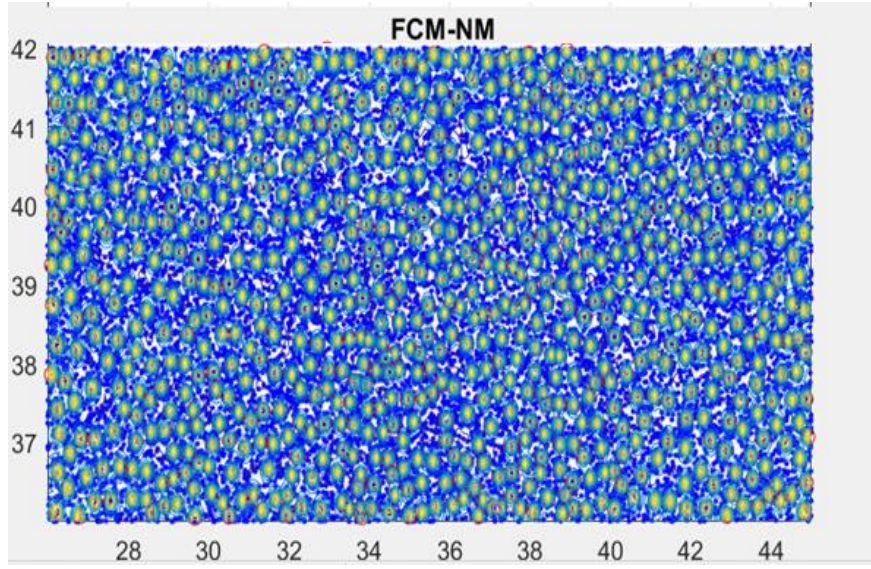
Büyük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 14. veri kümesinin olasıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.68'de verilmektedir.

Tablo 4.68: Olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	OBCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	543793,34

4.3.5.2. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Bulanık C-Ortalamalar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasının bu bölümünde, 14. Veri kümesi için stokastik bulanık c-ortalamalar yöntemi ile edlde edilen sonuçlara yer verilmektedir.



Şekil 4.57: Stokastik bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Öbek merkezlerinin ve müşterilerin dağılımları Şekil 4.57’de gösterilmektedir. Burada mavi noktalar müşteri konumları iken kırmızı noktalar kurulması önerilen tesis yerlerini simgelemektedir.

Büyük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 14. veri kümesinin stokastik bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.69’da verilmektedir.

Tablo 4.69: Stokastik bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

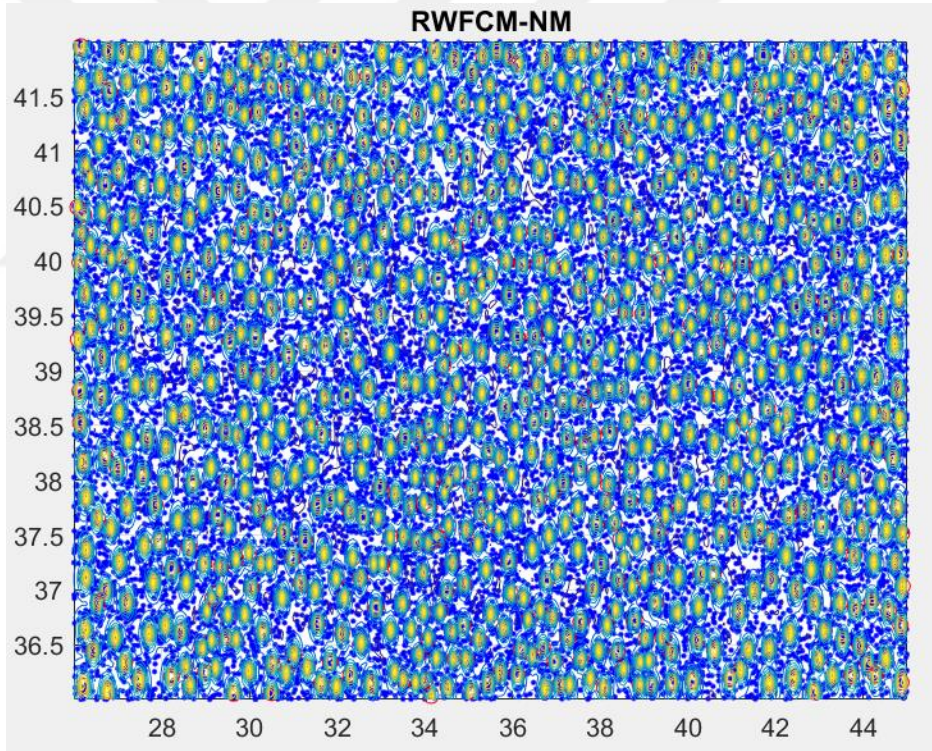
	SBCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	547173,41

4.3.6. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı ve Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan 14. veri kümesi için stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir. Öbek merkezleri ve müşterilerin oluşturduğu öbekleme grafiği, müşterilerin ve tesis yerlerinin Türkiye haritasındaki gösterimi sırasıyla paylaşılmaktadır.

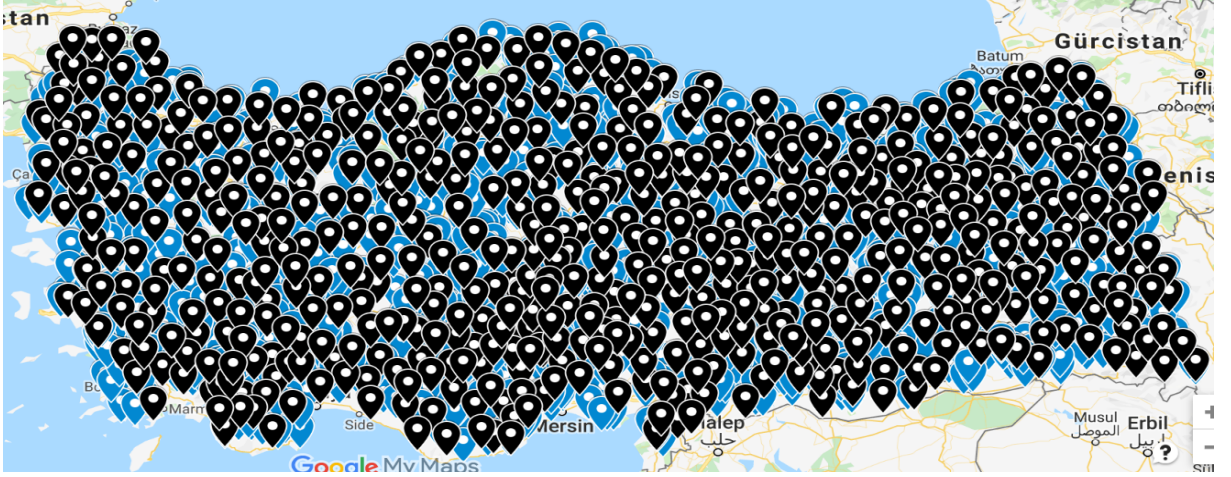
4.3.6.1. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasının bu bölümünde, 14. Veri kümesi için olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile edilde edilen sonuçlara yer verilmektedir.



Şekil 4.58: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Müşteri ve kurulması önerilen tesis yerlerinin öbekleme sonuçlarının gösterimi Şekil 4.58’de belirtilmiştir. Şekil üzerindeki mavi noktalar müşteri konumlarını, kırmızı noktalar kurulması önerilen tesis yerlerini göstermektedir.



Şekil 4.59: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri ve müşteri konumlarının Türkiye haritasındaki görünümü.

Şekil 4.59, müşterilerin ve uygulanan yöntem sonucunda açılması önerilen tesis yerlerinin Türkiye haritası üzerindeki gösterimidir. Şekil üzerindeki mavi yerler müşteri konumlarını, siyah yerler ise kurulması önerilen tesis yerlerini simgelemektedir.

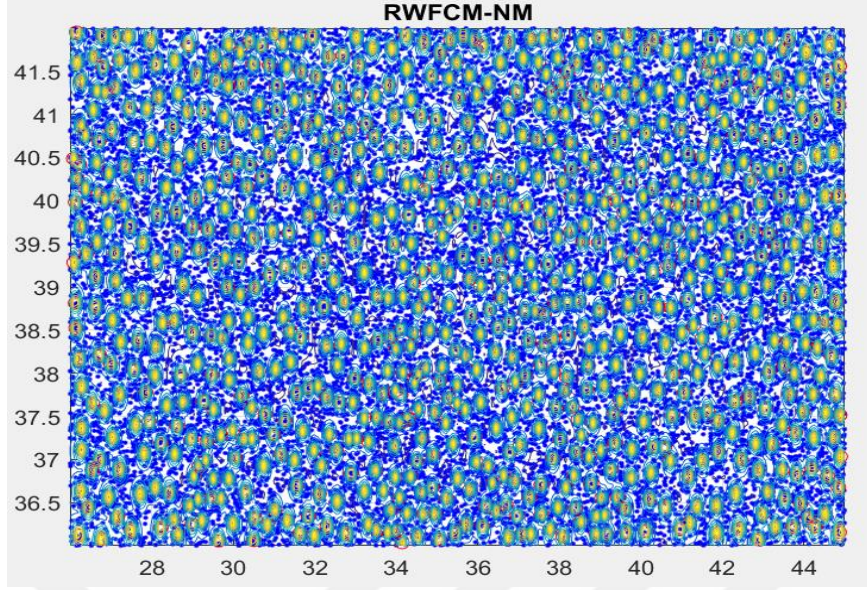
Büyük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 14. veri kümesinin olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.70’te verilmektedir.

Tablo 4.70: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	ORABCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	518375,10

4.3.6.2. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Revize Ağırlıklı Bulanık C-Ortalamlar ve Nelder-Mead Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasının bu bölümünde, 14. Veri kümesi için stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.



Şekil 4.60: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için öbek merkezleri gösterimi.

Müşteri ve kurulması önerilen tesis yerlerinin öbekleme sonuçlarının gösterimi Şekil 4.60’da belirtilmiştir.

Büyük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 14. veri kümesinin stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yöntemi ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.71’de verilmektedir.

Tablo 4.71: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin büyük ölçekli veri seti için toplam ulaştırma maliyeti değeri.

	SRABCO-NM
Toplam ulaştırma maliyeti	545658

4.3.7. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Sonuçların Karşılaştırması

Büyük ölçekli veri kümelerine uygulama örneği olarak seçilmiş olan 14. veri kümesinin önerilen tüm yöntemlerin sonuçları ile karşılaştırması hem toplam ulaştırma maliyeti hem de işlem süresi ile yapılmaktadır.

4.3.7.1. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Olasılıklı Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırması

Bu bölümde, 14. Veri kümesi için önerilen tüm olasılıklı yöntemlerin uygulaması sonucunda elde edilen toplam ulaştırma maliyetlerinin ve işlem sürelerinin karşılaştırılmasına yer verilmektedir.

Tablo 4.72: Tüm olasılıklı yöntemlerin büyük ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.

OBCO	OBCO-GM	ORABCO	ORABCO-GM	OBCO-NM	ORABCO-NM
553645,85	527133,30	522225,2	519814,74	543793,34	518375,10

Önerilen tüm olasılıklı yöntemlerin 14. veri kümesinde oluşturduğu toplam ulaştırma maliyeti Tablo 4.72’de gösterilmektedir. Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi tüm yöntemlerden daha iyi sonuç vermiştir.

Tablo 4.73: Tüm olasılıklı yöntemlerin büyük ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması.

OBCO	OBCO-GM	ORABCO	ORABCO-GM	OBCO-NM	ORABCO-NM
22,13	25,21	21,30	27,10	465,78	930,18

Önerilen yöntemlerin 14. veri kümesindeki uygulaması sonucu elde edilen işlem süreleri Tablo 4.73’te verilmektedir.

4.3.7.2. Büyük Ölçekli Veri Kümesi (14. Veri Kümesi) İçin Stokastik Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırması

Bu bölümde, 14. Veri kümesi için önerilen tüm stokastik yöntemlerin uygulaması sonucunda elde edilen toplam ulaştırma maliyetlerinin ve işlem sürelerinin karşılaştırılmasına yer verilmektedir.

Tablo 4.74: Tüm stokastik yöntemlerin büyük ölçekli veri seti üzerindeki toplam maliyet karşılaştırması.

SBCO	SBCO-GM	SRABCO	SRABCO-GM	SBCO-NM	SRABCO-NM
582785,10	554877,2	572414	549710,77	547173,41	545658

Buna göre en iyi sonuçlar, Nelder-Mead hibrit yöntemlerinde elde edilmektedir. Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi tüm yöntemlerden daha iyi sonuç vermiştir ve en hızlı sonuçlar Tablo 7.75’de görüldüğü gibi stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilmiştir.

Tablo 4.75: Tüm stokastik yöntemlerin büyük ölçekli veri seti üzerindeki işlem süresi karşılaştırması.

SBCO	SBCO-GM	SRABCO	SRABCO-GM	SBCO-NM	SRABCO-NM
1809,00	3363,37	1140,82	2295,78	15293,01	26587,66

4.4. ÖNERİLEN YÖNTEMLERİN TÜM VERİ KÜMELERİNDEKİ UYGULAMA SONUÇLARI

Tez çalışmasında toplam 16 farklı veri kümesi ile önerilen tüm olasılık ve stokastik yöntemlerden sonuçlar elde edilmiştir. Öbek sayılarının değişmesiyle toplam 33 farklı uygulama sonuçları tüm yöntemler ile karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırmalar sırasıyla, toplam ulaştırma maliyetleri, toplam ulaştırma maliyetlerinin oransal bilgilerini ve yöntemlerin işlem sürelerini içermektedir.

4.4.1. Önerilen Olasılıklı Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden Toplam Ulaştırma Maliyeti Karşılaştırması

Tez çalışmasında kullanılan tüm veriler için önerilen olasılıklı yöntemlerin toplam ulaştırma maliyetleri, Tablo 4.76’da gösterilmektedir. Koyu renkle gösterilmiş maliyetler en düşük maliyetli çözümlerdir.

16 farklı veri setinde yapılan 33 denemenin 6’sında olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yöntemi, 15’inde olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi en uygun sonuçları verirken 10’unda olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi en düşük toplam ulaştırma maliyeti sonucunu elde etmektedir. Sadece iki veri setinde, (1/30/4) ve (2/100/4) olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi aynı sonucu vermiştir.

Tablo 4.76: Önerilen olasılıklı yöntemlerin tüm veri kümeleri üzerinden toplam ulaştırma maliyetleri.

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	OBCO	OBCO-GM	ORABC O	ORABCO -GM	OBCO-NM	ORABC O-NM
1	30	4	2	7375,04	7381,32	7307,10	7439,50	6967,79	6967,79
1	30	8	2	4445,33	4139,30	4564,03	4297,19	4028,58	4144,96
2	100	4	2	10496,98	10700,24	10457,54	10709,67	10428,59	10428,59
2	100	8	2	7026,93	6907,69	7081,99	6911,42	6854,67	6901,18
3	100	4	2	31242,66	31567,75	30383,11	30107,38	29036,45	29062,31
3	100	6	2	27320,48	26208,06	24997,55	25060,60	23541,40	22607,65
4	300	8	3	32995,55	32581,00	31928,32	31931,40	31486,11	31555,23
5	400	10	3	27421,60	27043,75	27140,48	27037,82	27132,76	27206,54
5	400	20	3	18108,51	17909,93	17716,87	17688,36	17873,81	18075,77
5	400	30	4	14167,16	13967,76	14091,07	14198,05	13957,29	13958,94
6	500	20	4	34362,44	34022,74	34930,95	34470,00	33648,53	33962,18
6	500	30	4	28118,66	27423,99	26657,18	26517,00	27194,27	25910,27
6	500	40	4	24038,76	23713,75	22555,67	22608,03	23111,70	21829,72
7	800	10	4	99675,04	98921,52	99166,00	98654,50	98710,09	98744,01
7	800	20	5	66750,77	66607,98	66388,19	66484,61	65846,91	66034,13
7	800	50	5	40581,19	40421,64	40307,22	40433,40	39332,90	39215,09
8	1200	100	5	30285,64	29128,20	28593,57	28298,05	30711,75	28771,61
8	1200	120	5	26637,70	25743,55	25917,26	25500,58	26481,63	26498,51
9	2000	120	5	169867,99	166142,2	165692,1	164029,20	163321,35	162352,0
9	2000	150	5	150133,97	146435,9	146749,1	146124,52	144262,38	144487,9
10	2500	100	5	51031,34	50579,93	50791,66	50708,41	49376,80	50000,33
10	2500	200	5	36004,31	35123,45	34905,97	34611,42	33639,31	33550,40
11	2800	100	5	58190,81	57684,55	57464,25	57239,20	58105,03	56716,03
12	5000	50	5	117988,37	117812,9	117900,7	117798,63	117832,03	117619,2
12	5000	100	5	82070,04	81472,60	81587,69	81373,40	80801,59	80803,41
13	10000	50	5	272124,29	271137,8	268174,6	267673,04	270076,79	268149,9
13	10000	100	6	188013,14	187222,2	186299,8	185868,12	186729,16	185744,6
13	10000	200	6	131749,94	130582,1	130894,4	130449,75	130078,95	129585,4
14	20208	800	7	553645,85	527133,3	522225,2	519814,74	543793,34	518375,1
15	50111	200	7	2884595,23	2850871,7	2838437,5	2825892,1	2853718,95	2808564,4
15	50111	400	7	2014010,75	1986421,9	1986339,8	1964001,60	2007567,94	1948036,2
16	100000	100	7	9304092,32	9329676,1	9360277,4	9322158,82	9378238,77	9273940,0
16	100000	1000	8	1021425,73	1006551,1	959266,07	945384,62	985447,10	938292,03

4.4.2. Önerilen Stokastik Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden Toplam Ulaştırma Maliyeti Karşılaştırması

Tez çalışmasında kullanılan tüm veriler için önerilen stokastik yöntemlerin toplam ulaştırma maliyetleri, Tablo 4.77’de gösterilmektedir.

16 farklı veri setinde yapılan 33 denemenin 21'inde stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi en uygun sonuçları verirken 11'inde olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi en düşük toplam ulaştırma maliyeti sonucunu elde etmektedir. Sadece bir veri setinde, (2/100/4) , stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi aynı sonucu vermiştir.

Tablo 4.77: Önerilen stokastik yöntemlerin tüm veri kümeleri üzerinden toplam ulaştırma maliyetleri.

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	SBCO	SBCO-GM	SRABC O	SRABCO -GM	SBCO-NM	SRABCO -NM
1	30	4	2	7410,04	7798,19	7615,28	7787,64	7137,01	7338,82
1	30	8	2	4570,38	4330,99	5134,26	4482,22	4185,58	4209,35
2	100	4	2	10047,56	10118,28	10120,33	9999,59	9940,90	9940,90
2	100	8	2	7023,52	6937,58	7729,75	6784,93	6853,05	6696,08
3	100	4	2	30364,33	30644,05	33495,99	29420,19	28162,68	28188,63
3	100	6	2	25127,39	24257,15	26887,68	22828,62	21004,51	20683,80
4	300	8	3	32836,69	32839,55	35678,75	31285,66	30958,62	30864,09
5	400	10	3	25556,61	25396,15	25325,71	25403,60	25332,73	22493,50
5	400	20	3	17661,85	17400,90	17335,26	17427,08	16964,70	15199,29
5	400	30	4	14663,81	14268,03	13506,52	14228,95	14095,60	11929,96
6	500	20	4	34107,30	33313,95	36328,41	32355,59	32673,57	31956,62
6	500	30	4	27950,91	26609,67	29112,69	26551,65	25692,77	25955,25
6	500	40	4	23625,60	22910,97	24995,33	22721,90	21788,80	21953,79
7	800	10	4	95609,48	94883,62	105117	95504,21	94782,24	94583,34
7	800	20	5	65809,97	64821,04	70802,45	64234,60	64450,33	63967,83
7	800	50	5	39809,57	38619,84	41689,23	38446,90	37359,14	37217,26
8	1200	100	5	28209,15	27123,64	34159,52	27392,44	27777,43	26568,99
8	1200	120	5	25733,75	26072,36	30761,84	25081,31	23277,02	24012,77
9	2000	120	5	174213,25	165739,6	179846,3	175477,9	163188,1	162553,3
9	2000	150	5	155723,04	143515,8	159991,1	154863,09	138906,6	144480,2
10	2500	100	5	50142,42	48739,67	52951,81	49550,19	47420,68	47998,86
10	2500	200	5	36719,39	33557,08	35859,72	36013,63	31839,09	31643,00
11	2800	100	5	57508,16	55417,43	63309,12	56389,60	55131,48	55725,18
12	5000	50	5	115096,71	114278,4	122098,5	113981,09	113233	112699,9
12	5000	100	5	80568,71	79486,01	86518,03	80600,69	78832,29	78556,89
13	10000	50	5	259317,13	257846,3	279296,4	259317,4	257706,3	258661,7
13	10000	100	6	183005,45	180601,4	197119,5	182278,52	179717,7	180358,3
13	10000	200	6	131692,51	127668,3	139993,2	131631,89	126875,8	124609,1
14	20208	800	7	582785,10	554877,2	572414	549710,77	547173,41	545658
15	50111	200	7	2973809,5	2939043	2941978	2926224,2	2913290,8	2895427

Tablo 4.77 (devam)

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	SBCO	SBCO-GM	SRABC O	SRABCO -GM	SBCO-NM	SRABCO -NM
15	50111	400	7	2097927,9	2069189	2091216	2069103,9	2045835	2029204
16	100000	100	7	9893971,7	9520077	9569631	9551303,5	9512406,9	9463204
16	100000	1000	8	1053016,2	1037681	1015924	988934,09	974623,32	967311,4

4.4.3. Önerilen Olasılıklı Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden Toplam Ulaştırma Maliyetlerinin Oransal Karşılaştırması

Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin önerilen diğer olasılıklı yöntemlere göre tüm veri kümeleri için toplam ulaştırma maliyet iyileştirme yüzdeleri aşağıdaki formülle hesaplanmış ve karşılaştırmalı olarak Tablo 4.78-4.80’de verilmiştir. Karşılaştırma yöntemi ise 4.1 denklemine göre uygulanmaktadır. (Küçükdeniz ve Esnaf, 2018)

$$\Delta = \left(\frac{H - M}{H} \right) \times 100 \quad (4.1)$$

Burada,

H: karşılaştırılan yöntemin amaç fonksiyon değeri

M: en iyi sonucu veren yöntemin amaç fonksiyon değeri

Tablo 4.78: ORABCO-NM yönteminin OBCO-NM ve ORABCO-GM yöntemleri ile toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	ORABCO-GM	OBCO-NM
3	100	6	2	%9,79	%3,97
6	500	30	4	%2,29	%4,72
6	500	40	4	%3,44	%5,55
7	800	50	5	%3,01	%0,30
9	2000	120	5	%1,02	%0,59
10	2500	200	5	%3,07	%0,26
11	2800	100	5	%0,91	%2,39
12	5000	50	5	%0,15	%0,18
13	10000	100	6	%0,07	%0,53
13	10000	200	6	%0,66	%0,38
14	20208	800	7	%0,28	%4,67
15	50111	200	7	%0,61	%1,58
15	50111	400	7	%0,81	%2,97
16	100000	100	7	%0,52	%1,11
16	100000	1000	8	%0,75	%4,79
İyileştirme Yüzdesi Ortalaması				%1,83	%2,27
İyileştirme Yüzdesi Standart Sapması				%2,47	%2,00

Tablo 4.78’de, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin en iyi sonuçları verdiği 15 adet uygulamada elde edilen sonuçlar ile olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ve olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile toplam ulaştırma maliyetleri oransal olarak karşılaştırılmaktadır.

Bu karşılaştırma sonucunda, 15 uygulamada ORABCO-NM yönteminin RABCO-GM yöntemine göre iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %1,83 iken standart sapma değeri ise %2,47’tür. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 3’te (3, 100, 6), bulunmuştur ve değeri %9,79’dur. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 13’de (13, 10000, 100), bulunmuştur ve değeri %0,07’dir.

ORABCO-NM yönteminin OBCO-NM yöntemine göre iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %2,27 iken standart sapma değeri ise %2,00’dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 6’da (6, 500, 40), bulunmuştur ve değeri %5,55’tir. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 10’da (10, 2500, 200), bulunmuştur ve değeri %0,30’dur.

Tablo 4.79: OBCO-NM yönteminin ORABCO-GM ve ORABCO-NM yöntemleri ile toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	ORABCO-GM	ORABCO-NM
1	30	8	2	%6,25	%2,81
2	100	8	2	%0,82	%0,67
3	100	4	2	%3,56	%0,09
4	300	8	3	%1,39	%0,22
5	400	30	4	%1,70	%0,01
6	500	20	4	%2,38	%0,92
7	800	20	5	%0,96	%0,28
9	2000	150	5	%1,27	%0,16
10	2500	100	5	%2,63	%1,25
12	5000	100	5	%0,70	%0,00
İyileştirme Yüzdesi Ortalaması				%2,17	%0,64
İyileştirme Yüzdesi Standart Sapması				%1,7	%0,87

Tablo 4.79’da, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin en iyi sonuçları verdiği 10 adet uygulamada elde edilen sonuçlar ile olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ve olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemlerinin toplam ulaştırma maliyetleri oransal olarak karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda, 10 uygulamada OBCO-NM yönteminin iyileştirme yüzdesinin ORABCO-GM yöntemine göre

ortalama değeri %2,17 iken standart sapma değeri ise %1,7'dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 1'de (1, 30, 8), bulunmuştur ve değeri %6,25'tir. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 12'de (12, 5000, 100), bulunmuştur ve değeri %0,07'dir. OBCO-NM yönteminin iyileştirme yüzdesinin ORABCO-NM yöntemine göre ortalama değeri %0,64 iken standart sapma değeri ise %0,87'dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 1'de (1, 30, 8), bulunmuştur ve değeri %2,81'dir. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 12'de (12, 5000, 100), bulunmuştur ve değeri %0,01'in altındadır.

Tablo 4.80: ORABCO-GM yönteminin OBCO-NM ve ORABCO-NM yöntemleri ile toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	OBCO-NM	ORABCO-NM
5	400	10	3	%0,35	%0,62
5	400	20	3	%1,04	%2,14
7	800	10	4	%0,06	%0,09
8	1200	100	5	%7,86	%1,65
8	1200	120	5	%3,70	%3,77
13	10000	50	5	%0,89	%0,18
İyileştirme Yüzdesi Ortalaması				%2,32	%1,41
İyileştirme Yüzdesi Standart Sapması				%3,01	%1,42

Tablo 4.80'de, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi yönteminin en iyi sonuçları verdiği 6 adet uygulamada elde edilen sonuçlar ile olasılıklı revize bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead ve olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemlerinin toplam ulaştırma maliyetleri oransal olarak karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda, 6 uygulamada ORABCO-GM yönteminin OBCO-NM yöntemine göre iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %2,32 iken standart sapma değeri ise %3,01'dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 8'de (8, 1200, 100), bulunmuştur ve değeri %7,86'dır. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 7'de (7, 800, 10), bulunmuştur ve değeri %0,06'dır. ORABCO-GM yönteminin ORABCO-NM yöntemine göre iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %1,41 iken standart sapma değeri ise %1,42'dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 8'de (8, 1200, 100), bulunmuştur ve değeri %3,77'dir. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 7'de (7, 800, 10), bulunmuştur ve değeri %0,09'dur.

Tablo 4.81: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin önerilen diğer yöntemler ile tüm veri kümeleri üzerinden elde edilen toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Planlanan Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	OBCO	OBCO-GM	ORABCO	ORABCO-GM	OBCO-NM
1	30	4	2	%5,52	%5,60	%4,64	%6,34	%0,00
1	30	8	2	%6,76	%-0,14	%9,18	%3,54	%-2,89
2	100	4	2	%0,65	%2,54	%0,28	%2,62	%0,00
2	100	8	2	%1,79	%0,09	%2,55	%0,15	%-0,68
3	100	4	2	%6,98	%7,94	%4,35	%3,47	v-0,09
3	100	6	2	%17,25	%13,74	%9,56	%9,79	%3,97
4	300	8	3	%4,37	%3,15	%1,17	%1,18	v-0,22
5	400	10	3	%0,78	%-0,60	%-0,24	%-0,62	%-0,27
5	400	20	3	%0,18	%-0,93	%-2,03	%-2,19	%-1,13
5	400	30	4	%1,47	%0,06	%0,94	%1,68	%-0,01
6	500	20	4	%1,16	%0,18	%2,77	%1,47	%-0,93
6	500	30	4	%7,85	%5,52	%2,80	%2,29	%4,72
6	500	40	4	%9,19	%7,94	%3,22	%3,44	%5,55
7	800	10	4	%0,93	%0,18	%0,43	%-0,09	%-0,03
7	800	20	5	%1,07	%0,86	%0,53	%0,68	%-0,28
7	800	50	5	%3,37	%2,98	%2,71	%3,01	%0,30
8	1200	100	5	%5,00	%1,22	%-0,62	%-1,67	%6,32
8	1200	120	5	%0,52	%-2,93	%-2,24	%-3,91	%-0,06%
9	2000	120	5	%4,42	%2,28	%2,02	%1,02	%0,59
9	2000	150	5	%3,76	%1,33	%1,54	%1,12	%-0,16
10	2500	100	5	%2,02	%1,15	%1,56	%1,40	%-1,26
10	2500	200	5	%6,82	%4,48	%3,88	%3,07	%0,26
11	2800	100	5	%2,53	%1,68	%1,30	%0,91	%2,39
12	5000	50	5	%0,15	%-0,16	%0,07	v-0,01	%0,02
12	5000	100	5	%1,54	%0,82	%0,96	%0,70	%0,00
13	10000	50	5	%1,46	%1,10	%0,01	%-0,18	%0,71
13	10000	100	6	%1,21	%0,79	%0,30	%0,07	%0,53
13	10000	200	6	%1,64	%0,76	%1,00	%0,66	%0,38
14	20208	800	7	%6,37	%1,66	%0,74	%0,28	%4,67
15	50111	200	7	%2,64	%1,48	%1,05	%0,61	%1,58
15	50111	400	7	%3,28	%1,93	%1,93	%0,81	%2,97
16	100000	100	7	%0,32	%0,60	%0,92	%0,52	%1,11
16	100000	1000	8	%8,14	%6,78	%2,19	%0,75	%4,79

Tablo 4.81, olasıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin önerilen diğer yöntemler ile tüm veri kümeleri üzerinden elde edilen toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırıldığında elde edilen verileri içermektedir. Ulaştırma

maliyetlerindeki en büyük farklar ORABCO-NM yöntemi ile OBCO yöntemi arasında gerçekleşmekte iken, bu farkların en büyüğü, veri seti 3'te, (3,100,6), %17,25 olarak gerçekleşmiştir. İki veri setinde ise, (1,30,4) ve (2,100,4), olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead hibrit algoritmasının toplam ulaştırma maliyeti ile olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead hibrit algoritması ile elde edilen toplam ulaştırma maliyeti aynıdır.

4.4.4. Önerilen Stokastik Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden Toplam Ulaştırma Maliyetlerinin Oransal Karşılaştırması

Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin önerilen diğer stokastik yöntemlere göre tüm veri kümeleri için toplam ulaştırma maliyet iyileştirme yüzdeleri Tablo 4.82'de verilmiştir. Karşılaştırma yöntemi ise 4.1 denkleminde uygulanmaktadır.

Tablo 4.82: SRABCO-NM yönteminin SBCO-NM yöntemi ile toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	SBCO-NM
2	100	8	2	%2,29
3	100	6	2	%1,53
4	300	8	3	%0,31
5	400	10	3	%11,21
5	400	20	3	%10,41
5	400	30	4	%15,36
6	500	20	4	%2,19
7	800	10	4	%0,21
7	800	20	5	%0,75
7	800	50	5	%0,38
8	1200	100	5	%4,35
9	2000	120	5	%0,39
10	2500	200	5	%0,62
12	5000	50	5	%0,47
12	5000	100	5	%0,35
13	10000	200	6	%1,79
14	20208	800	7	%0,28
15	50111	200	7	%0,61
15	50111	400	7	%0,81
16	100000	100	7	%0,52
16	100000	1000	8	%0,75
İyileştirme Yüzdesi Ortalaması				%2,53
İyileştirme Yüzdesi Standart Sapması				%4,18

Tablo 4.82’de, stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin en iyi sonuçları verdiği 21 uygulamada elde edilen sonuçlar ile stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin toplam ulaştırma maliyetleri oransal olarak karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda, 21 uygulamada SRABCO-NM yönteminin iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %2,53 iken standart sapma değeri ise %4,18’dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 5’de (5, 400, 30), bulunmuştur ve değeri %15,36’dır. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 4’te (14, 20208, 800), bulunmuştur ve değeri %0,028’tir.

Tablo 4.83: SBCO-NM yönteminin SRABCO-NM yöntemi ile toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	SRABCO-NM
1	30	4	2	%2,75
1	30	8	2	%0,56
3	100	4	2	%0,09
6	500	30	4	%1,01
6	500	40	4	%0,75
8	1200	120	5	%3,06
9	2000	150	5	%3,86
10	2500	100	5	%1,20
11	2800	100	5	%1,07
13	10000	50	5	%0,37
13	10000	100	6	%0,36
İyileştirme Yüzdesi Ortalaması				%1,2
İyileştirme Yüzdesi Standart Sapması				%1,19

Tablo 4.83’te, stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin en iyi sonuçları verdiği 11 uygulamada elde edilen sonuçlar ile stokastik revize bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin toplam ulaştırma maliyetleri oransal olarak karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda, 11 uygulamada SBCO-NM yönteminin iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %1,2 iken standart sapma değeri ise %1,19’dur. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 9’da (9, 2000, 150), bulunmuştur ve değeri %3,86’dır. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 3’te (3, 100, 4), bulunmuştur ve değeri %0,09’dur.

Tablo 4.84: Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin önerilen diğer yöntemler ile tüm veri kümeleri üzerinden elde edilen toplam ulaştırma maliyetlerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırması.

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	SBCO	SBCO-GM	SRABCO	SRABCO-GM	SBCO-NM
1	30	4	2	%0,96	%5,89	%3,63	%5,76	%-2,83
1	30	8	2	%7,90	%2,81	%18,01	%6,09	%-0,57
2	100	4	2	%1,06	%1,75	%1,77	%0,59	%0,00
2	100	8	2	%4,66	%3,48	%13,37	%1,31	%2,29
3	100	4	2	%7,17	%8,01	%15,84	%4,19	%-0,09
3	100	6	2	%17,68	%14,73	%23,07	%9,40	%1,53
4	300	8	3	%6,01	%6,02	%13,49	%1,35	%0,31
5	400	10	3	%11,99	%11,43	%11,18	%11,46	%11,21
5	400	20	3	%13,94	%12,65	%12,32	%12,78	%10,41
5	400	30	4	%18,64	%16,39	%11,67	%16,16	%15,36
6	500	20	4	%6,31	%4,07	%12,03	%1,23	%2,19
6	500	30	4	%7,14	%2,46	%10,85	%2,25	%-1,02
6	500	40	4	%7,08	%4,18	%12,17	%3,38	%-0,76
7	800	10	4	%1,07	%0,32	%10,02	%0,96	%0,21
7	800	20	5	%2,80	%1,32	%9,65	%0,42	%0,75
7	800	50	5	%6,51	%3,63	%10,73	%3,20	%0,38
8	1200	100	5	%5,81	%2,04	%22,22	%3,01	%4,35
8	1200	120	5	%-1,08	%-8,06	%15,44	%-3,71	%-11,75
9	2000	120	5	%6,69	%1,92	%9,62	%7,37	%0,39
9	2000	150	5	%7,22	%-0,67	%9,69	%6,70	%-4,01
10	2500	100	5	%4,27	%1,52	%9,35	%3,13	%-1,22
10	2500	200	5	%13,82	%5,70	%11,76	%12,14	%0,62
11	2800	100	5	%3,10	%-0,56	%11,98	%1,18	%=1,08
12	5000	50	5	%2,08	%1,38	%7,70	%1,12	%0,47
12	5000	100	5	%2,50	%1,17	%9,20	%2,54	%0,35
13	10000	50	5	%0,25	%-0,32	%7,39	%0,25	%-0,37
13	10000	100	6	%1,45	%0,13	%8,50	%1,05	%-0,36
13	10000	200	6	%5,38	%2,40	%10,99	%5,34	%1,79
14	20208	800	7	%6,37	%1,66	%4,67	%0,74	%0,28
15	50111	200	7	%2,64	%1,48	%1,58	%1,05	%0,61
15	50111	400	7	%3,28	%1,93	%2,97	%1,93	%0,81
16	100000	100	7	%4,35	%0,60	%1,11	%0,92	%0,52
16	100000	1000	8	%8,14	%6,78	%4,79	%2,19	%0,7

4.4.5. Önerilen Olasılıklı Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden İşlem Sürelerinin Karşılaştırması

Önerilen yöntemlerin 16 farklı veri seti üzerinde toplam 33 farklı uygulaması sonucu elde edilen toplam işlem sürelerinin toplam değerleri Tablo 4.85’te verilmektedir.

Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi 30 uygulama için diğer yöntemlerden daha hızlı şekilde sonuç vermekte iken 5 farklı uygulamada olasılıklı bulanık c-ortalamlar daha hızlı sonuç vermektedir. Veri boyutu arttıkça Nelder-Mead yönteminin sonuç verme hızı önemli miktarda azalmaktadır.

Tablo 4.85: Önerilen olasılıklı yöntemlerin tüm veri kümeleri üzerinden işlem sürelerinin karşılaştırması. (Saniye)

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	OBCO	OBCO-GM	ORABCO	ORABCO-GM	OBCO-NM	ORABCO-NM
1	30	4	2	0,07	0,13	0,06	0,50	0,13	0,18
1	30	8	2	0,11	0,20	0,08	0,55	0,31	0,55
2	100	4	2	0,07	0,13	0,07	0,54	0,14	0,19
2	100	8	2	0,16	0,26	0,15	0,66	0,34	0,61
3	100	4	2	0,07	0,12	0,07	0,51	0,19	0,26
3	100	6	2	0,13	0,20	0,12	0,58	0,26	0,43
4	300	8	3	0,30	0,43	0,30	0,83	0,46	0,79
5	400	10	3	0,43	0,59	0,42	1,00	0,69	1,26
5	400	20	3	0,82	1,13	0,75	1,44	1,89	3,65
5	400	30	4	0,13	0,29	0,05	0,70	0,62	1,17
6	500	20	4	0,28	0,59	0,26	1,01	2,19	4,17
6	500	30	4	0,43	0,83	0,21	1,07	6,08	12,91
6	500	40	4	0,39	0,85	0,22	1,25	8,24	16,08
7	800	10	4	0,26	0,60	0,17	0,82	1,00	1,84
7	800	20	5	0,36	0,75	0,76	1,63	3,17	5,85
7	800	50	5	2,16	2,83	2,28	4,18	27,14	57,11
8	1200	100	5	6,44	8,36	6,38	8,93	131,53	246,07
8	1200	120	5	10,14	11,93	8,94	11,47	195,45	412,02
9	2000	120	5	17,29	20,63	17,12	23,79	471,91	910,39
9	2000	150	5	20,51	24,01	21,24	26,44	735,61	1083,20
10	2500	100	5	12,05	14,31	12,02	15,09	200,69	402,74
10	2500	200	5	24,31	28,45	21,98	31,81	857,03	1828,82
11	2800	100	5	22,13	25,21	21,30	27,10	465,78	930,18
12	5000	50	5	16,26	20,09	15,34	21,54	135,82	271,86
12	5000	100	5	37,55	44,62	32,45	40,78	535,27	1060,62
13	10000	50	5	31,44	38,18	30,21	41,16	1451,47	2033,47
13	10000	100	6	56,14	68,18	51,52	73,51	2591,91	3631,20
13	10000	200	6	111,66	134,88	103,66	160,96	3149,35	6026,02
14	20208	800	7	1447,20	4137,85	912,66	12234,41	12234,41	21270,13
15	50111	200	7	135,77	518,03	131,58	14370,62	15126,96	23157,21
15	50111	400	7	564,89	1952,75	363,17	30223,09	30998,04	65740,65
16	100000	100	7	320,08	829,76	517,50	2505,59	2603,21	1580,90
16	100000	1000	8	1671,38	5213,44	1431,27	22512,07	23089,30	45255,99

Tablo 4.86, olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin önerilen diğer yöntemler ile tüm veri kümeleri üzerinden işlem sürelerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırılması sonucunda elde edilen değerleri içermektedir. İşlem süreleri karşılaştırıldığında Nelder-Mead hibrit yöntemlerinin sonuçları yavaş elde ettiği görülmekte iken, en büyük fark, ORABCO ve ORABCO-NM arasında, veri seti 15'te, (15,50111,400), %99,45 olarak elde edilmiştir. En küçük fark ise, veri seti 4'te, (4,300,8), %1,10 olarak elde edilmiştir.

Tablo 4.86: Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yönteminin önerilen diğer yöntemler ile tüm veri kümeleri üzerinden işlem sürelerinin yüzde iyileştirme açısından karşılaştırılması

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	OBCO	OBCO-GM	ORABCO-GM	OBCO-NM	ORABCO-NM
1	30	4	2	%23,94	%55,54	%88,86	%58,31	%69,70
1	30	8	2	%23,21	%57,85	%85,03	%72,96	%84,99
2	100	4	2	%4,68	%44,89	%87,02	%49,28	%62,24
2	100	8	2	%4,95	%41,38	%77,06	%55,66	%75,15
3	100	4	2	%-5,93	%40,42	%85,52	%61,53	%71,49
3	100	6	2	%5,65	%39,11	%78,53	%51,83	%70,80
4	300	8	3	%1,10	%29,38	%63,52	%34,96	%61,69
5	400	10	3	%2,94	%29,00	%58,07	%39,36	%66,66
5	400	20	3	%8,18	%33,38	%47,60	%60,24	%79,38
5	400	30	4	%59,90	%82,21	%92,57	%91,69	%95,57
6	500	20	4	%8,01	%56,71	%74,61	%88,32	%93,86
6	500	30	4	%50,88	%74,21	%80,04	%96,49	%98,35
6	500	40	4	%42,88	%73,60	%82,01	%97,27	%98,60
7	800	10	4	%33,34	%71,72	%79,26	%82,93	%90,73
7	800	20	5	%-111,55	%-1,12	%53,39	%75,93	%86,99
7	800	50	5	%-5,29	%19,63	%45,48	%91,60	%96,01
8	1200	100	5	%0,92	%23,62	%28,50	%95,15	%97,41
8	1200	120	5	%11,88	%25,10	%22,09	%95,43	%97,83
9	2000	120	5	%0,96	%17,02	%28,03	%96,37	%98,12
9	2000	150	5	%-3,57	%11,55	%19,69	%97,11	%98,04
10	2500	100	5	%0,27	%16,03	%20,35	%94,01	%97,02
10	2500	200	5	%9,59	%22,73	%30,89	%97,44	%98,80
11	2800	100	5	%3,75	%15,51	%21,40	%95,43	%97,71
12	5000	50	5	%5,63	%23,63	%28,79	%88,70	%94,36
12	5000	100	5	%13,58	%27,27	%20,42	%93,94	%96,94
13	10000	50	5	%3,91	%20,88	%26,61	%97,92	%98,51
13	10000	100	6	%8,23	%24,44	%29,91	%98,01	%98,58
13	10000	200	6	%7,17	%23,15	%35,60	%96,71	%98,28
14	20208	800	7	%36,94	%77,94	%92,54	%92,54	%95,71
15	50111	200	7	%3,09	%74,60	%99,08	%99,13	%99,43

Tablo 4.86 (devam)

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	OBCO	OBCO-GM	ORABCO-GM	OBCO-NM	ORABCO-NM
15	50111	400	7	%35,71	%81,40	%98,80	%98,83	%99,45
16	100000	100	7	%-61,68	%37,63	%79,35	%80,12	%67,27
16	100000	1000	8	%14,37	%72,55	%93,64	%93,80	%96,84

4.4.6. Önerilen Stokastik Yöntemlerin Tüm Veri Kümeleri Üzerinden İşlem Sürelerinin Karşılaştırması

Önerilen stokastik yöntemlerin tüm veri kümeleri üzerinden işlem sürelerinin karşılaştırılması Tablo 4.87’de verilmektedir.

Tablo 4.87: Önerilen stokastik yöntemlerin tüm veri kümeleri üzerinden işlem sürelerinin karşılaştırması. (Saniye)

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	SBCO	SBCO-GM	SRABCO-GM	SBCO-NM	SRABCO-NM
1	30	4	0,25	0,30	0,28	0,10	0,58	0,37
1	30	8	0,13	0,21	0,37	0,11	0,59	0,59
2	100	4	0,10	0,17	0,14	0,10	0,62	0,22
2	100	8	0,23	0,31	0,57	0,19	0,68	1,04
3	100	4	0,12	0,18	0,26	0,11	0,55	0,47
3	100	6	0,21	0,29	0,45	0,19	0,67	0,74
4	300	8	0,51	0,67	8,69	0,48	1,11	17,28
5	400	10	0,32	0,42	5,45	0,29	0,65	10,58
5	400	20	0,51	0,70	13,40	0,46	0,91	25,49
5	400	30	0,77	1,04	20,87	0,76	1,52	37,25
6	500	20	0,93	1,27	20,91	0,93	1,66	41,40
6	500	30	1,18	1,60	32,45	1,17	2,11	64,41
6	500	40	1,53	1,98	45,58	1,46	2,44	90,29
7	800	10	0,71	0,94	13,43	0,67	1,35	29,43
7	800	20	1,11	1,52	32,98	1,14	1,95	65,10
7	800	50	1,93	2,58	100,54	2,06	3,32	220,74
8	1200	100	6,11	7,54	351,66	6,40	8,66	745,61
8	1200	120	9,32	11,00	514,04	9,09	11,39	1024,45
9	2000	120	15,78	18,00	875,41	18,53	23,17	1644,65
9	2000	150	24,34	27,79	1019,96	21,98	26,84	1885,68
10	2500	100	17,43	19,91	1251,58	18,00	21,87	2147,50
10	2500	200	23,95	27,60	1770,30	26,81	31,92	3526,94
11	2800	100	11,94	13,91	655,73	12,00	14,89	1312,40
12	5000	50	11,47	13,88	502,74	11,99	15,03	1005,33
12	5000	100	21,94	26,06	1160,93	24,29	30,20	2353,79

Tablo 4.87 (devam)

Veri Kümesi	Müşteri Sayısı	Tesis sayısı	Veri Boyutu (10 [^])	SBCO	SBCO-GM	SRABCO-GM	SBCO-NM	SRABCO-NM
13	10000	50	20,01	23,77	989,09	23,00	28,73	1978,74
13	10000	100	41,88	50,28	2283,73	46,53	55,68	4576,01
13	10000	200	85,26	101,00	5969,42	92,73	109,78	12833,40
14	20208	800	1809,00	3363,32	1140,82	2295,78	15293,01	26587,66
15	50111	200	178,64	502,98	173,13	508,91	18908,71	30470,01
15	50111	400	724,22	1779,31	465,60	697,69	38747,56	84282,88
16	100000	100	415,69	661,92	672,08	386,05	3254,02	2053,12
16	100000	1000	2142,79	4541,10	1834,96	3008,16	48861,63	58020,50

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında büyük veri içeren stokastik müşteri taleplerinin ve konumlarının olduğu sürekli çoklu tesis yeri seçimi problemine çözüm önerisinde bulunan bulanık öbekleme tabanlı yeni yöntemler önerilmiştir. Literatürde var olan 6 farklı bulanık c-ortalamlar yöntemi stokastik müşteri talepleri ve konumları dikkate alınarak yeniden formüle edilmiştir. Önerilen yöntemler 16 farklı veri setinin bulunduğu 33 farklı deneme ile karşılaştırılmıştır. Uygulamada kullanılan veri kümeleri literatürde önerilmekte olan veri boyutu sınıflandırmasına göre küçük ölçekli, orta ölçekli ve büyük ölçekli veri kümeleri olarak da sınıflandırılmıştır.

Uygulama aşamasının ilk adımında müşteri konumları ve taleplerinin ortalama ve standart sapmaları, verilerin Normal dağılıma uygunluğu test edilerek bulunmaktadır. Küçük veri setine ait test sonuçları tez çalışmasının ekler bölümünde EK 1’de detaylı olarak verilmiştir. Ardından, bulunan ortalama ve standart sapmalar önerilen altı farklı yöntemde kullanılmaktadır.

Uygulama bölümünde, sırasıyla olasılıklı ve stokastik bulanık c-ortalamlar, bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi, revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar, revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve gravite merkezi, bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead, revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemleri küçük ölçekli, orta ölçekli ve büyük ölçekli veri setlerinde denenmiştir.

Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin en iyi sonuçları verdiği 15 adet uygulamada elde edilen sonuçlar ile olasılıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ve olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar yöntemi ile toplam ulaştırma maliyetleri oransal olarak karşılaştırıldığında 15 uygulamada ORABCO-NM yönteminin RABCO-GM yöntemine göre iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %1,83 iken standart sapma değeri ise %2,47’tür. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 3’te (3, 100, 6), bulunmuştur ve değeri %9,79’dur. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 13’de (13, 10000, 100), bulunmuştur ve değeri %0,07’dir. ORABCO-NM yönteminin OBCO-NM yöntemine göre iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %2,27 iken standart sapma değeri ise %2,00’dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 6’da (6, 500, 40), bulunmuştur ve değeri %5,55’tir. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 10’da (10, 2500, 200), bulunmuştur ve değeri %0,30’dur.

Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yönteminin en iyi sonuçları verdiği 10 adet uygulamada elde edilen sonuçlar ile olasılıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yöntemi ve olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yöntemlerinin toplam ulaştırma maliyetleri oransal olarak karşılaştırıldığında, OBCO-NM yönteminin iyileştirme yüzdesinin ORABCO-GM yöntemine göre ortalama değeri %2,17 iken standart sapma değeri ise %1,7'dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 1'de (1, 30, 8), bulunmuştur ve değeri %6,25'tir. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 12'de (12, 5000, 100), bulunmuştur ve değeri %0,07'dir. OBCO-NM yönteminin iyileştirme yüzdesinin ORABCO-NM yöntemine göre ortalama değeri %0,64 iken standart sapma değeri ise %0,87'dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 1'de (1, 30, 8), bulunmuştur ve değeri %2,81'dir. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 12'de (12, 5000, 100), bulunmuştur ve değeri %0,01'in altındadır.

Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve gravite merkezi yönteminin en iyi sonuçları verdiği 6 adet uygulamada elde edilen sonuçlar ile olasılıklı revize bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead ve olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar ve Nelder-Mead yöntemlerinin toplam ulaştırma maliyetleri oransal olarak karşılaştırıldığında, ORABCO-GM yönteminin OBCO-NM yöntemine göre iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %2,32 iken standart sapma değeri ise %3,01'dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 8'de (8, 1200, 100), bulunmuştur ve değeri %7,86'dır. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 7'de (7, 800, 10), bulunmuştur ve değeri %0,06'dır. ORABCO-GM yönteminin ORABCO-NM yöntemine göre iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %1,41 iken standart sapma değeri ise %1,42'dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 8'de (8, 1200, 100), bulunmuştur ve değeri %3,77'dir. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 7'de (7, 800, 10), bulunmuştur ve değeri %0,09'dur.

Olasılıklı revize ağırlıklı bulanık c-ortalamalar yöntemi 28 uygulama için diğer yöntemlerden daha hızlı şekilde sonuç vermekte iken 5 farklı uygulamada olasılıklı bulanık c-ortamalar daha hızlı sonuç vermektedir. Veri boyutu arttıkça Nelder-Mead yönteminin sonuç verme hızı önemli miktarda azalmaktadır.

16 farklı veri setinde yapılan 33 denemenin 22'sinde stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi en uygun sonuçları verirken 10'unda stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi en düşük toplam ulaştırma maliyeti sonucunu elde etmektedir. Sadece bir veri setinde, (2/100/4) , stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi ile stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yöntemi aynı sonucu vermiştir.

Stokastik revize ağırlıklı bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin en iyi sonuçları verdiği 21 adet uygulamada elde edilen sonuçlar ile stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin toplam ulaştırma maliyetleri oransal olarak karşılaştırıldığında, SRABCO-NM yönteminin iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %2,53 iken standart sapma değeri ise %4,18'dir. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 5'de (5, 400, 30), bulunmuştur ve değeri %15,36'dır. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 4'te (14, 20208, 800), bulunmuştur ve değeri %0,028'tir.

Stokastik bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin en iyi sonuçları verdiği 11 adet uygulamada elde edilen sonuçlar ile stokastik revize bulanık c-ortalamlar ve Nelder-Mead yönteminin toplam ulaştırma maliyetleri oransal olarak karşılaştırıldığında, SBCO-NM yönteminin iyileştirme yüzdesinin ortalama değeri %1,2 iken standart sapma değeri ise %1,19'dur. Toplam ulaştırma maliyetleri karşılaştırıldığında en büyük oransal fark, veri seti 9'da (9, 2000, 150), bulunmuştur ve değeri %3,86'dır. Toplam ulaştırma maliyetlerinde en küçük fark ise, veri seti 3'te (3, 100, 4), bulunmuştur ve değeri %0,09'dur.

İleride yapılacak olan çalışmalarda, tez çalışmasında müşteri ve tesisler arası uzaklığın kullanıldığı Öklid uzaklığı, Mahalanobis uzaklığı ile değiştirilerek uygulanabilir. Bu bağlamda, Mahalanobis metriğini kullanan bulanık c-ortalamlar ve Gustafson-Kessel yöntemleri farklı yöntemlerle hibritlenerek denenebilir. Müşteri taleplerinin farklı olasılık dağılımlarına uygunluğu analiz edilerek tezde önerilen yöntemler bu dağılımlara uyarlanabilir. Veri boyutunun çok daha büyük olduğu problemlerde yöntemler karşılaştırılabilir. Müşteri talep ve konumları Markov süreçleri ile belirlendikten sonra öbekleme yapılarak elde edilen sonuçların analizi yapılacaktır. Son olarak müşteri talep ve konumlarının stokastik olmasına ek olarak konumun yükseklik verisi de dikkate alınarak hesaplanacak Öklid uzaklığına göre yöntemlerin performansları karşılaştırılacaktır.

KAYNAKLAR

- Akella, M., R., Batta, R., Delmelle, E., M., Rogerson, P., Blatt, A. ve Wilson, G., 2005, Base station location and channel allocation in a cellular network with emergency coverage requirements, *European Journal of Operational Research*, 164, 301-323.
- Akella, M., R., Batta, R., Delmelle, E., M., Rogerson, P. ve Blatt, A., 2010, Adaptive cell tower location using geostatistics, *Geographical Analysis*, 42, 227-244.
- Altinel, İ., K., Durmaz, E., Aras, N., Özkısacık, K., C., 2009, A location–allocation heuristic for the capacitated multi-facility Weberproblem with probabilistic customer locations, *European Journal of Operational Research*, 198 (2009), 790-799.
- Amaldi, E., Belotti, P., Capone, A., Malucelli, F., 2006, Optimizing base station location and configuration in UMTS networks, *Annals of Operations Research* , 146, 135-151.
- Bhattacharya, U., K., 2012, Location models with stochastic demand points, *OPSEARCH*, 49(1), 62-77.
- Berman, O., ve Wang, J., 2004, Probabilistic location problems with discrete demand weights, *Networks*, 44, 47–57.
- Berman, O., ve Wang, J., 2006, The 1-median and 1-antimedial problems with continuous probabilistic demand weights, *Information Systems and Operational Research*, 44 267–283.
- Berman, O., ve Wang, J., 2007, The probabilistic 1-maximal covering problem on a network with discrete demand weights, *The Journal of Operational Research Society*, 59(10), 1398-1405.
- Bezdek, J., C., 1981, Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. *New York: Plenum Press*.
- Bieniek, M., 2015, A note on the facility location problem with stochastic demands, *Omega*, 55 (2015), 53-60.
- Carrizosa, E., Conde E., Munoz-Marquez M. ve Puerto, J., 1995, The generalized Weber problem with expected distance, *Rairo-Recherche Operationnelle-Operations Research*, 29, 35–37.
- Chames, A., ve Cooper, W., W., 1963, Deterministic equivalents for optimizing and satisfying under chance constraints. *Operations Research Letter*, 11: 18-39.
- Cooper L., 1963, Location-allocation problems, *Operations Research*, 11, 331–344.
- Cura, T., 2010, A parallel local search approach to solving the uncapacitated warehouse location problem, *Computers & Industrial Engineering*, 59, 1000–1009.

- Diabat, A., Dehghani, E., Jabbarzadeh, A., 2017, Incorporating location and inventory decisions into a supply chain design problem with uncertain demands and lead times, *Journal of Manufacturing Systems*, 43, 139-149.
- Dunn, J., C., 1974, Fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact well-seperated clusters, *Journal of Cybernetcis*, 3(3), 32–57.
- Dupont, L., 2008, Branch and bond algorithm for a facility location problem with concave site dependent costs, *Internatinal Journal of Production Economics*, 112, 245–254.
- Esnaf Ş., Küçükdeniz T., 2013, Solving uncapacitated planar multi-facility location problems by a Revised Weighted Fuzzy c-means clustering algorithm, *Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing*, 21, 147–164.
- Esnaf, Ş., Küçükdeniz, T., 2009, A fuzzy clustering-based hybrid method for a multifacility location problem, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20(2), 259-265.
- Esnaf, Ş., Küçükdeniz, T., 2018, Hybrid revised weighted fuzzy c-means clustering with Nelder-Mead simplexalgorithm for generalized Weber problem, *Journal of Enterprise Information Management*, 31(6), 908-924.
- Frank, H., 1966, Optimum locations on a graph with probabilistic demands. *Operations Research Letter*, 14, 409–421.
- Frank, H., 1967, Optimum locations on graphs with correlated normal demands, *Operations Research Letter*, 15, 552–557.
- Gabli, M., Jaara, E., M., ve Mermri, E., B., 2016, A possibilistic approach to UMTS base-station location problem, *Soft Computing*, 20, 2565-2575.
- Gao, Y., 2011, Shortest path problem with uncertain arc lengths, *Computers and Mathematics with Applicatons*, 62, 2591–2600.
- Gao, Y., 2012, Uncertain models for single facility location problems on networks, *Applied Mathematical Modelling*, 36, 2592–2599.
- Gebennini, E., Gamberini, R. ve Manzini, R., 2009, An integrated production-distribution model for the dynamic location and allocation problem with safety stock optimization, *Internatinal Journal of Production Economics*, 122, 286–304.
- Hakimi, S., L., 1964, Optimal locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, *Operations Research Letter*, 12 450–459.
- Hakimi, S., L., 1965, Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems, *Operations Research Letter*, 13 462–475.
- Hansen, P., Jaumard B., ve Taillard, E., 1998, Heuristic solution of the multisource weber problem as a p-median problem, *Operations Research Letter*, 22, 55–62.
- Hathaway, R., J., ve Bezdek, J., C., 2006, Extending fuzzy and probabilistic clustering to very large data sets, *Computational Statistics and Data Analysis*, 51, 215-234.

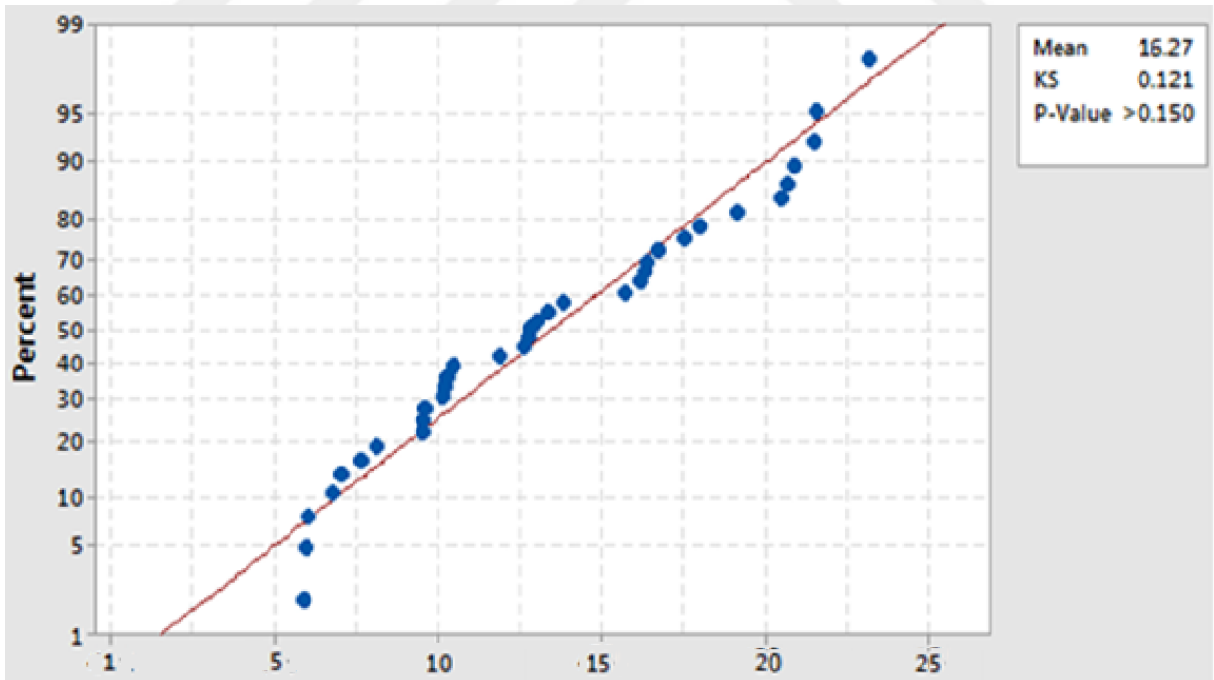
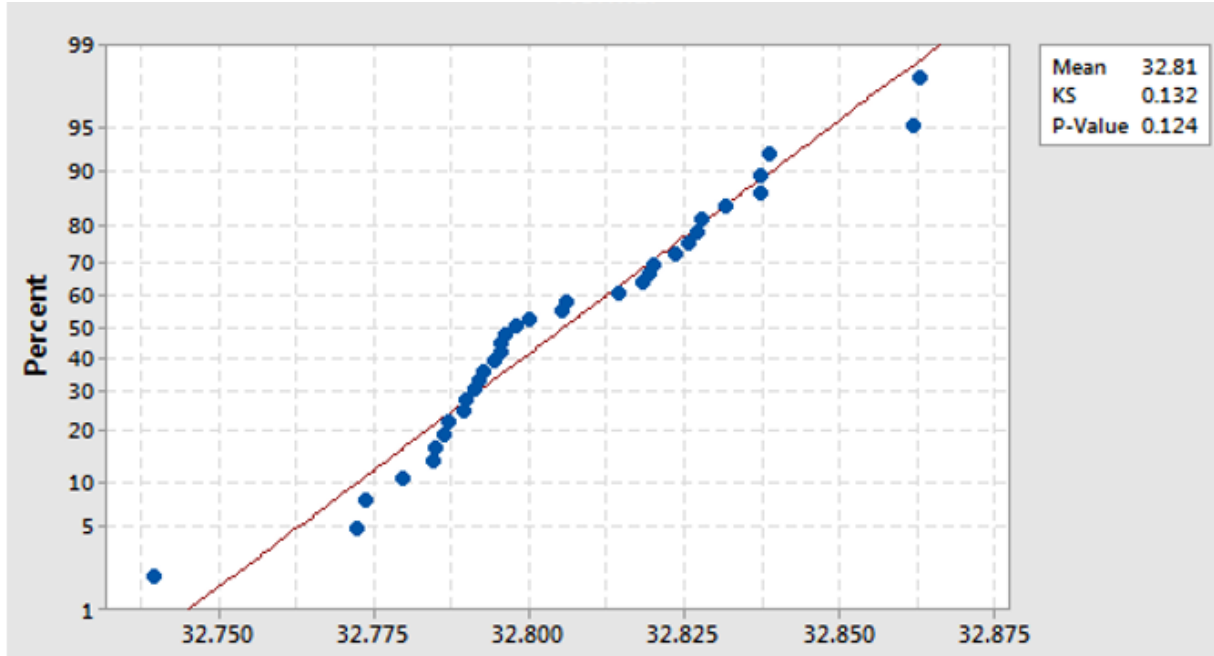
- Huang, X., 2007, Optimal project selection with random fuzzy parameters, *International Journal of Production Economics*, 106, 513–522.
- Huang, X., Di, H., 2015, Modelling uncapacitated facility location problem with uncertain customers' positions, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 28, 2569-2577.
- Jakubovskis, A., 2017, Strategic facility location, capacity acquisition, and technology choice decisions under demand uncertainty: Robust vs. non-robust optimization approaches, *European Journal of Operational Research*, 260, 1095 – 1104.
- Kim, D., Lee, K., Moon, I., 2019, Stochastic facility location model for drones considering uncertain flight distance, *Annals of Operations Research*, 283, 1383-1302.
- Klose, Z., Drexl, A., 2005, Facility Location Models for Distribution System Design, *European Journal of Operational Research*, 162, 4-29.
- Kuenne, R., E., ve Soland, R., M., 1972, Exact and approximate solutions to the multisource Weber problem, *Mathematical Programming*, 3, 193–209.
- Lee, C.,H., Shih, C.,Y., Chen, Y.,S., 2013, Stochastic geometry based models for modelling cellular networks in urban areas, *Wireless Network*, 19, 1063-1072.
- Lin, C., K., Y., 2009, Stochastic single-source capacitated facility location model with service level requirements, *Internatinal Journal of Production Economics*, 117, 439–451.
- Liu, B., 2009, Some research problems in uncertainty theory, *Journal of Uncertain Systems*, 3, 3–10.
- Liu,B., 2010, Uncertainty Theory:ABranch of Mathematics for Modeling Human Uncertainty, *Berlin: Springer-Verlag*, pp. 1–79.
- Liu, B., 2012, Why is there a need for uncertainty theory?, *Journal of Uncertain Systems*, 6, 3–10.
- Liu, B., Zhou, J., 2003, New stochastic models for capacitated location-allocation problem, *Computers and Industrial Engineering*, 4, 111–125.
- Markovic, N., Ryzhov, I., O., Schonfield, P., 2017, Evasive flow capture: A multi-period stochastic facility location problem with independent demand, *European Journal of Operational Research*, 257, 687 - 703.
- Mathews, J., H., ve Fink, K., K., 2004, *Numerical methods using matlab*, Pearson, New York, ISBN: B00M3UZX3O.
- Merzifonluoglu, Y. ve Geunes, J., 2006, Uncapacitated production and location planning models with demand fulfillment flexibility, *International Journal of Production Economics*, 102, 199–216.
- Mohammadivojdan, R., Niaki, S., T., A., Dadashi, M., 2018, A Bi-objective Multi-facility Location-Allocation Problem with Probabilistic Customer Locations and Arrivals: Two

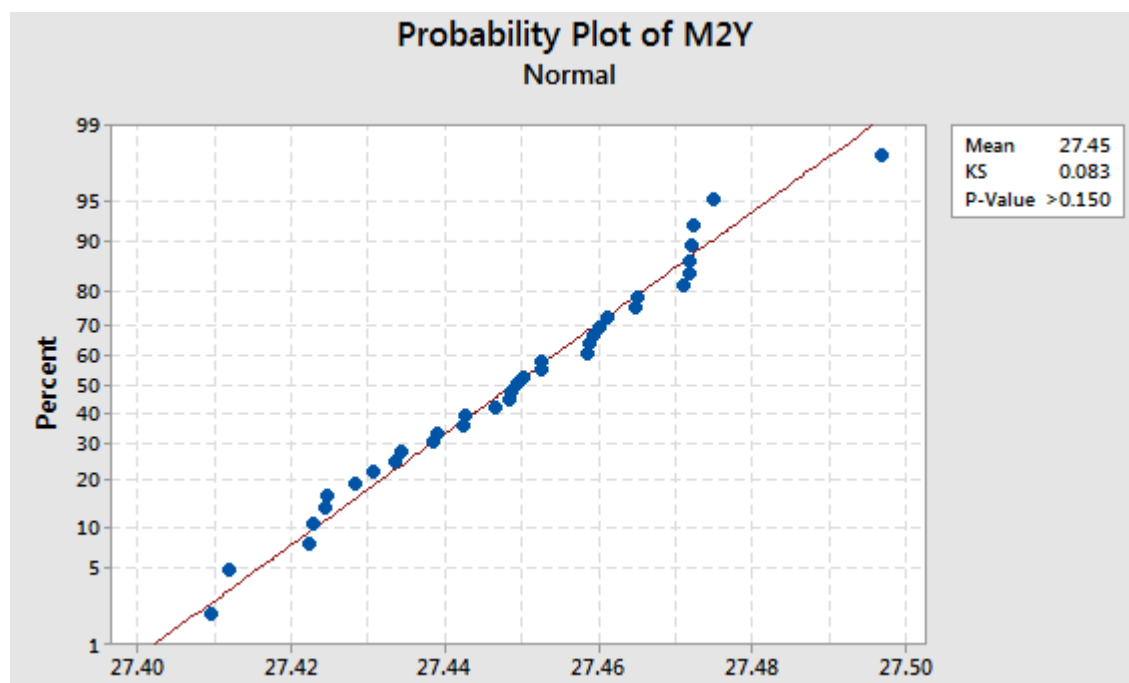
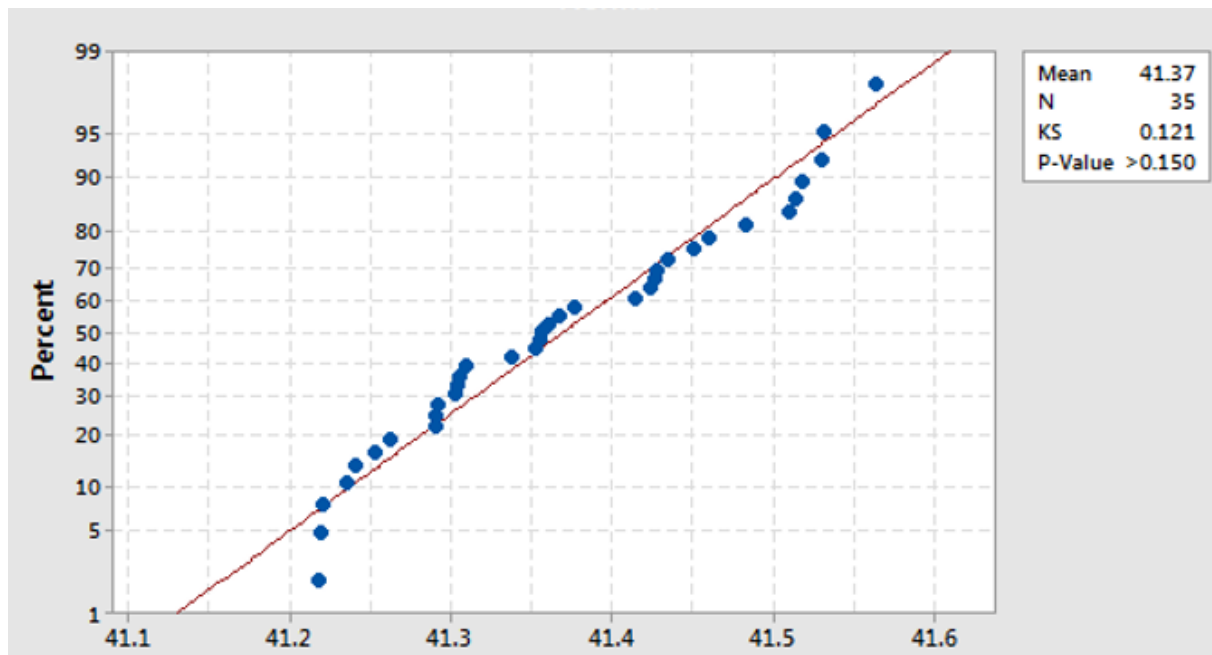
- Meta-heuristics Using Discrete Approximation, *Journal of Uncertain Systems*, 12(2), 123-140.
- Mousavi, S., M., Niaki, S., T., A., Mehdizadeh, E., Tavarroth, M.R., 2012, Capacitated multi-facility location-allocation problem with probabilistic customer location and demand: two hybrid meta-heuristic algorithms, *International journal of Systems Science*,
- Mousavi, S., M., Niaki, S., T., A., 2013, Capacitated location allocation problem with stochastic location and fuzzy demand: A hybrid algorithm, *Applied Mathematical Modelling*, 37 (2013), 5109-5119.
- Murtagh, B.A, ve Niwattisyawong, S., R., 1982, Efficient method for the multi-depot location and allocation problem, *Journal of the Operational Research Society*, 33, 629-634.
- Peidroa, D., Mula, J., Poler, R., ve Verdegay, J., L., 2009, Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand and process uncertainties, *Fuzzy Sets and Systems*, 160, 2640–2657.
- Phoemphon, S., So-In, C., Niyato, D., 2018, A hybrid model using fuzzy logic and an extreme learning machine with vector particle swarm optimization for wireless sensor network localization, *Applied Soft Computing*, 65, 101-120.
- Puga, M., S., Tancrez, J., 2017, A heuristic algorithm for solving large location–inventory problems with demand uncertainty, *European Journal of Operational Research*, 259, 413 – 423.
- Sakalauskas, L., 2000, Nonlinear Stochastic Optimization by the Monte-Carlo Method, *Informatica*, 4, 455-468.
- Skakov., E., Malysh, V., 2015, Simulated Annealing and Evolutionary Algorithm for base station location problem: A comparison of methods, *Journal of Information Technology and Applications*, 2, 88-96.
- Srinivasan, S., Khan, S., H., 2018, Multi-stage manufacturing/re-manufacturing facility location and allocation model under uncertain demand and return, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94, 2847 – 2860.
- Sule, D., R., 2001, Logistics of facility location and allocation, *Marcel Dekker Inc.*, New York.
- Sun, M., 2006, Solving the uncapacitated facility location problem using tabu search, *Computers & Operations Research*, 33, 2563–2589.
- Tavakkoli, R., Shayan, E., 1998, Facilities layout design by genetic algorithms, *Computers and Industrial Engineering*, 35(3-4), 527-530.
- Thanh, P., N., Bostel, N., ve P'eton, O., 2008, A dynamic model for facility location in the design of complex supply chain, *International Journal of Production Economics*, 113, 678–693.

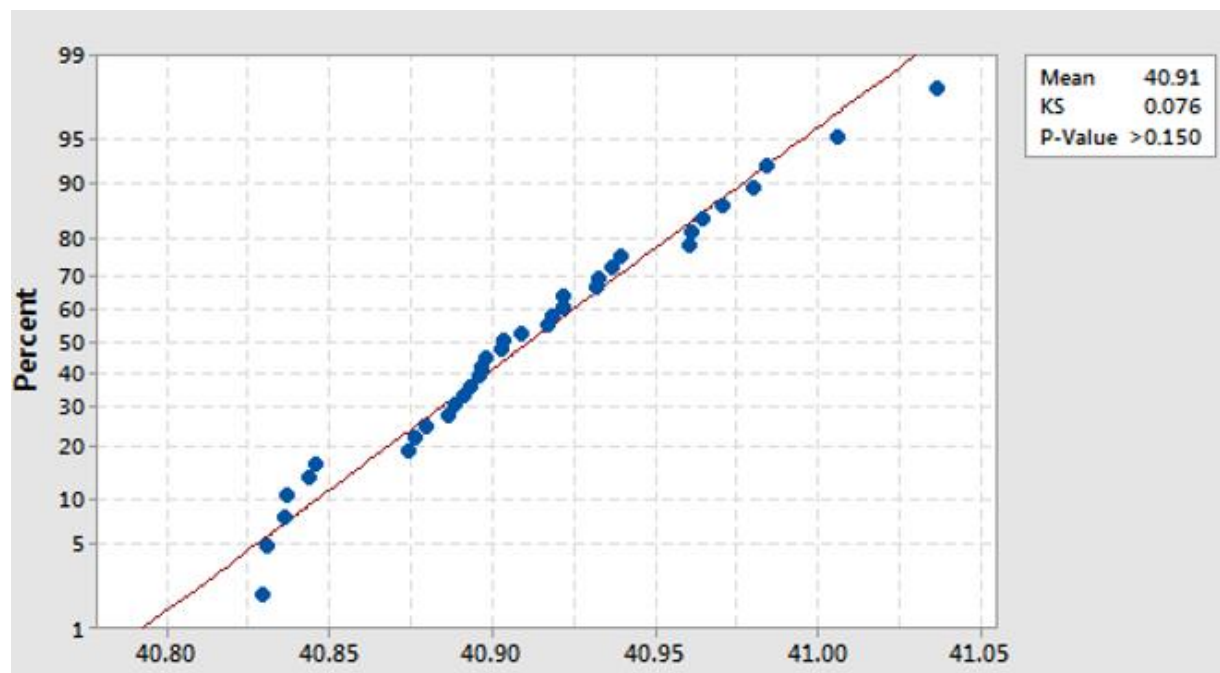
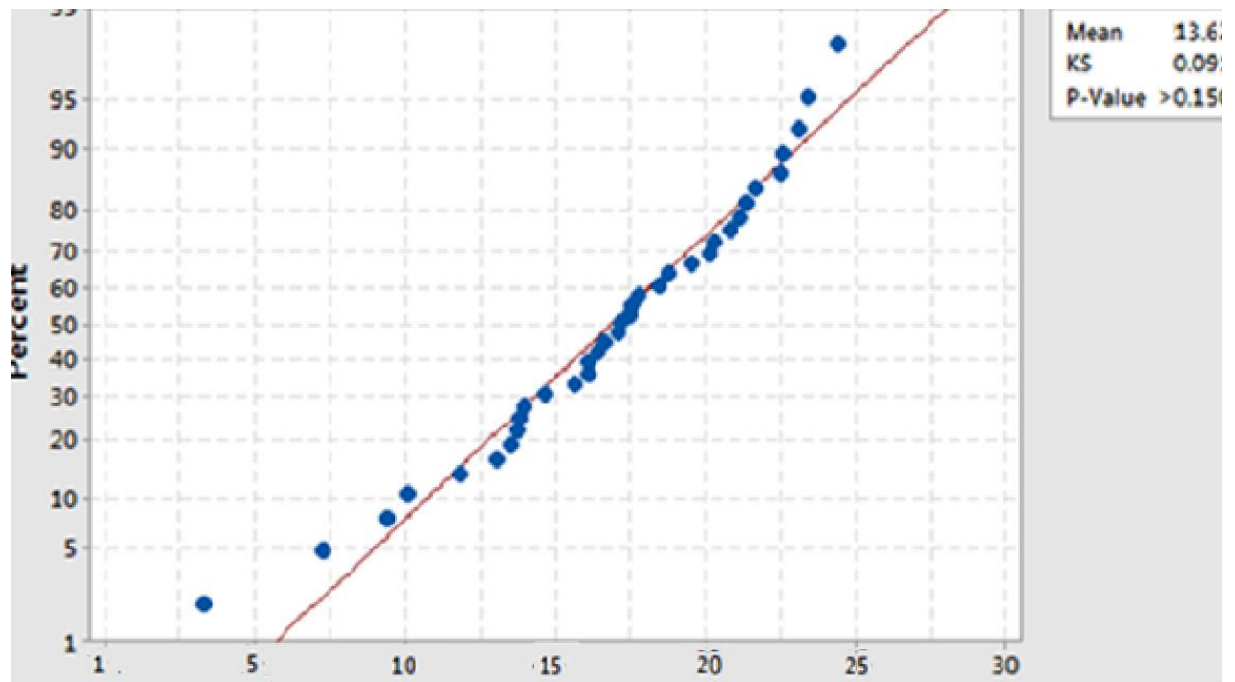
- Tunçbilek, N., 2018, *Kapasite kısıtlı çok tesisli weber problemi için değiştirilmiş yapay arı kolonisi algoritması*, Doktora Tezi, İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Wang, J., ve Shu, Y., F., 2005, Fuzzy decision modeling for supply chain management, *Fuzzy Sets and Systems*, 150, 107–127.
- Wang, J., 2007, The α -Reliable Median on a Network with Discrete Probabilistic Demand Weights, *Operations Research*, 55(5) 966-975.
- Wang, S. ve Watada, J., 2012, A hybrid modified PSO approach to VaR-based facility location problems with variable capacity in fuzzy random uncertainty, *Information Sciences*, 192, 3–18.
- Wen, M. ve Iwamura, K., 2008, Fuzzy facility location-allocation problem under the Hurwicz criterion, *European Journal of Operational Research*, 184, 627–635.
- Wen, M., ve Kang, R., 2011, Some optimal models for facility location-allocation problem with random fuzzy demands, *Applied Soft Computing*, 11, 1201–1207.
- Wen, M., Qin, Z., Kang, R., 2014, The α -cost minimization model for capacitated facility location-allocation problem with uncertain demands, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 13, 345–356.
- Wen, M., Qin, Z., Kang, R., Yang, Y., 2015, The capacitated facility location-allocation problem under uncertain environment, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 29, 2217–2226.
- Yang, L., X., Ji, X., Y., Gao, Z., Y., ve Li, P., K., 2007, Logistics distribution centers location problem and algorithm under fuzzy environment, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 208, 303–315.
- Zhang, Q., Huang X., ve Tang, L., 2011, Optimal multinational capital budgeting under uncertainty, *Computers and Mathematics with Applications*, 62, 4557–4567.
- Zhang, Q., Huang, X., ve Zhang, C., 2014, A mean-risk index model for uncertain capital budgeting, *Journal of the Operational Research Society*, 1–10.
- Zhen, L., Wang, W., Zhuge, D., 2017, Optimizing locations and scales of distribution centers under uncertainty, *Transactions On Systems, Man, And Cybernetics: Systems*, 47, 2168 - 2216.
- Zhou, J., ve Liu, B., 2003, New stochastic models for capacitated location-allocation problem, *Computers&Industrial Engineering*, 45, 111–125.
- Zhou, J., ve Liu, B., 2007, Modeling capacitated location-allocation problem with fuzzy demands, *Computers & Industrial Engineering*, 53, 454–468.

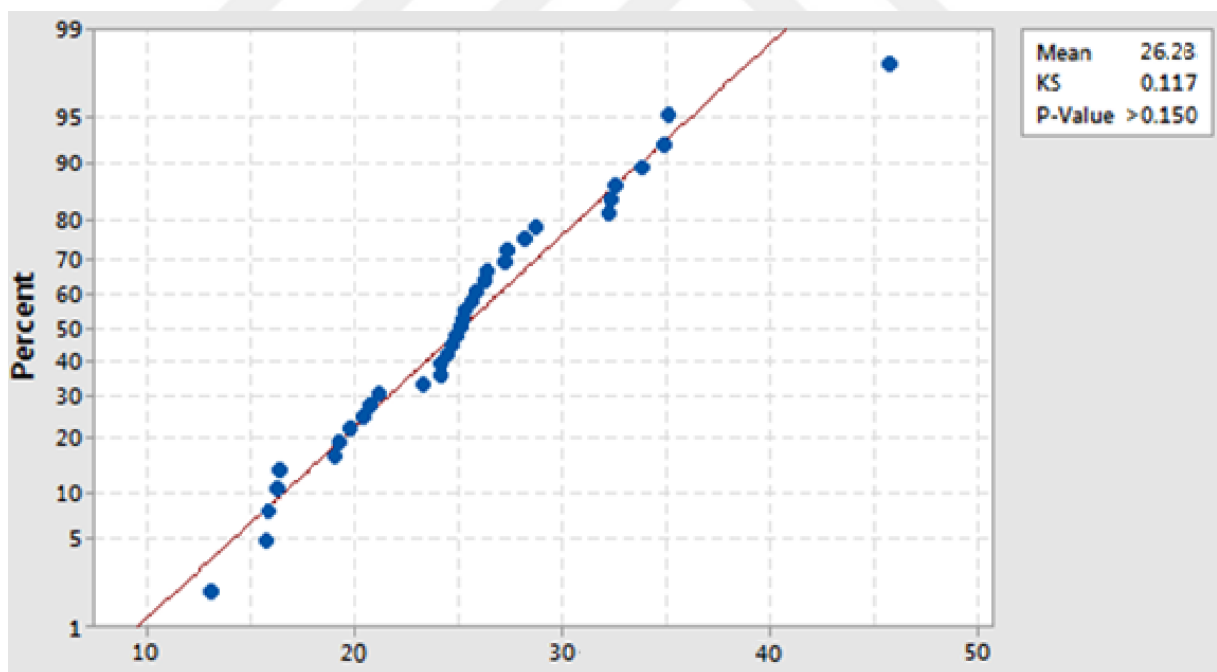
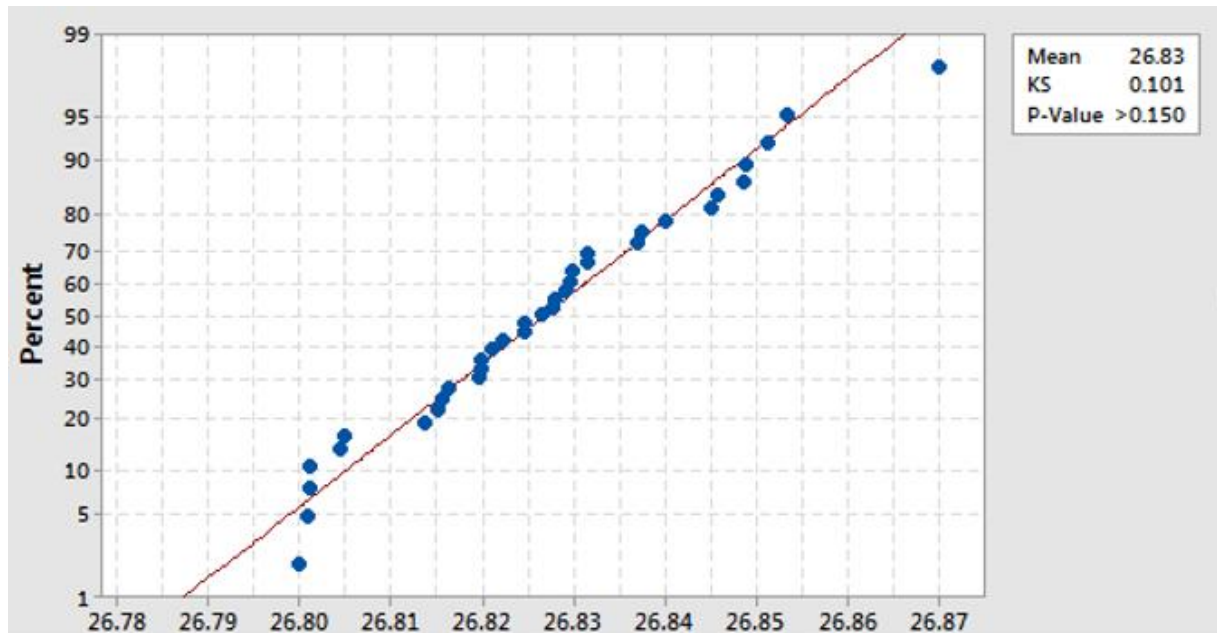
EKLER

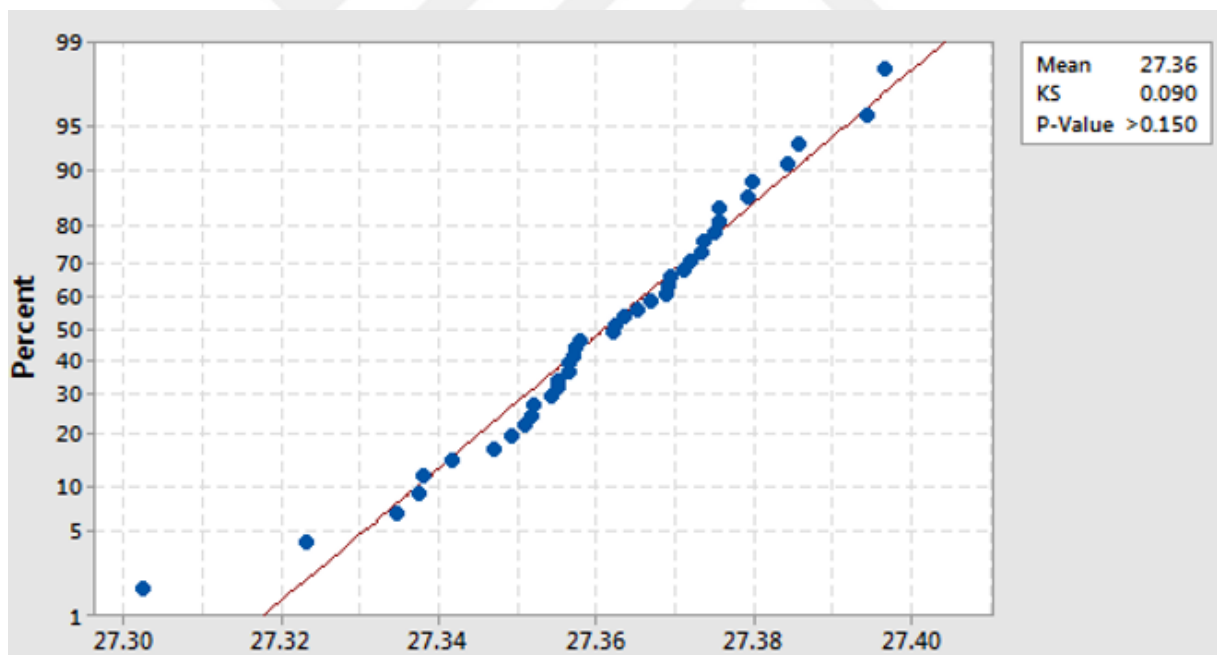
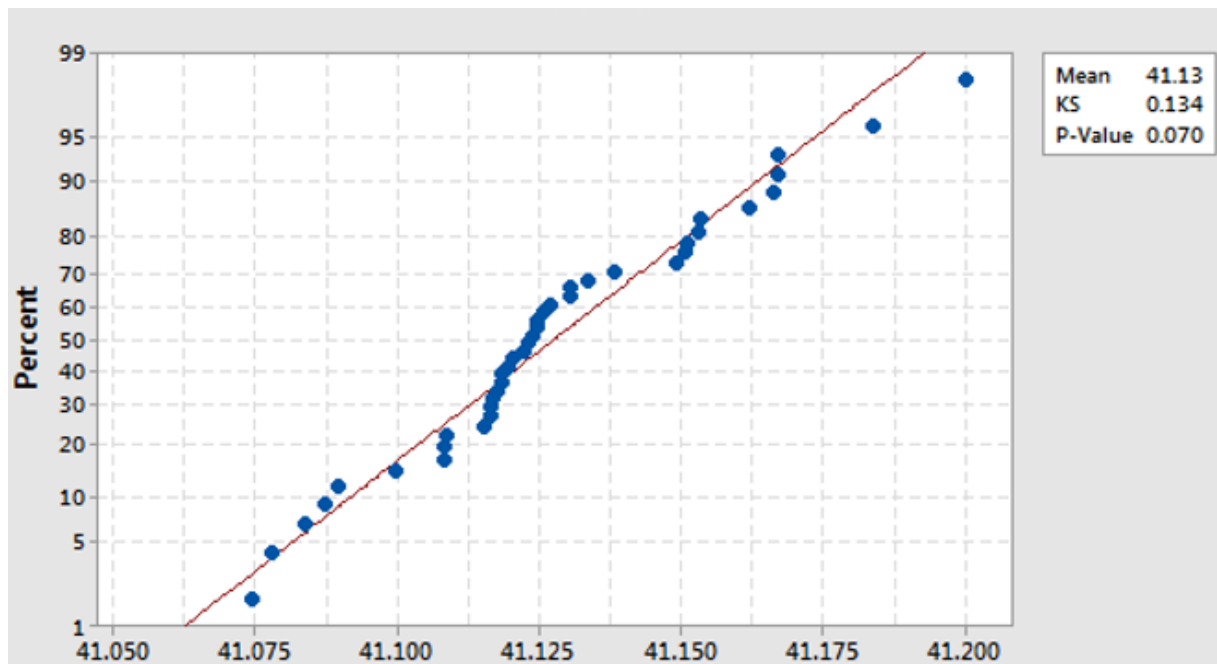
EK 1. OLASILIK DAĞILIM TESTLERİ

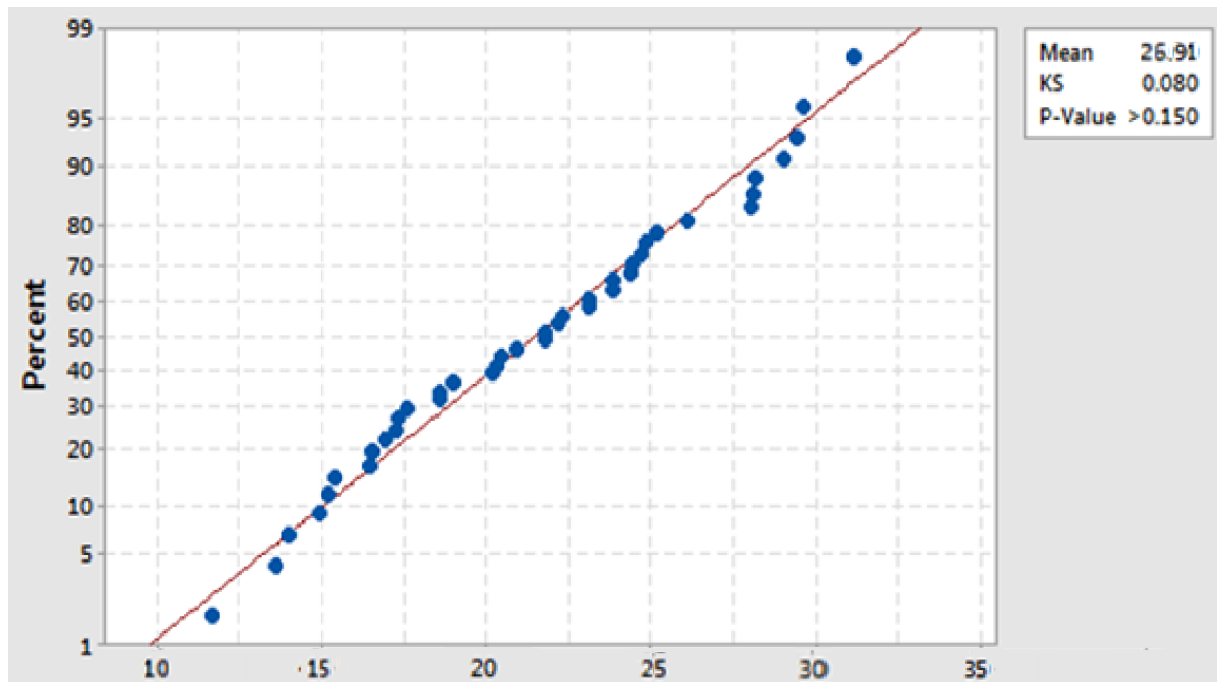












Müşteri	X Koordinatı	Y Koodinatı	Talep Değeri
1	>0,15	0,124	>0,15
2	>0,15	>0,15	>0,15
3	>0,15	>0,15	>0,15
4	0,07	>0,15	>0,15
5	0,107	0,145	>0,15
6	>0,15	0,125	0,071
7	>0,15	>0,15	0,129
8	0,132	>0,15	0,133
9	0,109	0,077	>0,15
10	0,068	>0,15	>0,15
11	0,095	>0,15	0,065
12	0,071	>0,15	0,147
13	>0,15	0,091	0,149
14	0,101	0,121	0,107
15	>0,15	0,108	0,118
16	>0,15	>0,15	>0,15
17	>0,15	0,077	0,082
18	0,067	>0,15	0,118
19	0,115	>0,15	>0,15
20	0,093	0,137	>0,15
21	>0,15	>0,15	0,111
22	>0,15	>0,15	>0,15
23	>0,15	0,090	0,080
24	>0,15	>0,15	0,063
25	0,091	0,079	>0,15
26	>0,15	0,061	>0,15
27	0,143	0,064	>0,15
28	0,076	>0,15	0,129
29	>0,15	0,075	>0,15
30	>0,15	0,110	>0,15

EK 2. STANDART NORMAL DAĞILIM TABLOSU

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.9	.00005	.00005	.00004	.00004	.00004	.00004	.00004	.00004	.00003	.00003
-3.8	.00007	.00007	.00007	.00006	.00006	.00006	.00006	.00005	.00005	.00005
-3.7	.00011	.00010	.00010	.00010	.00009	.00009	.00008	.00008	.00008	.00008
-3.6	.00016	.00015	.00015	.00014	.00014	.00013	.00013	.00012	.00012	.00011
-3.5	.00023	.00022	.00022	.00021	.00020	.00019	.00019	.00018	.00017	.00017
-3.4	.00034	.00032	.00031	.00030	.00029	.00028	.00027	.00026	.00025	.00024
-3.3	.00048	.00047	.00045	.00043	.00042	.00040	.00039	.00038	.00036	.00035
-3.2	.00069	.00066	.00064	.00062	.00060	.00058	.00056	.00054	.00052	.00050
-3.1	.00097	.00094	.00090	.00087	.00084	.00082	.00079	.00076	.00074	.00071
-3.0	.00135	.00131	.00126	.00122	.00118	.00114	.00111	.00107	.00104	.00100
-2.9	.00187	.00181	.00175	.00169	.00164	.00159	.00154	.00149	.00144	.00139
-2.8	.00256	.00248	.00240	.00233	.00226	.00219	.00212	.00205	.00199	.00193
-2.7	.00347	.00336	.00326	.00317	.00307	.00298	.00289	.00280	.00272	.00264
-2.6	.00466	.00453	.00440	.00427	.00415	.00402	.00391	.00379	.00368	.00357
-2.5	.00621	.00604	.00587	.00570	.00554	.00539	.00523	.00508	.00494	.00480
-2.4	.00820	.00798	.00776	.00755	.00734	.00714	.00695	.00676	.00657	.00639
-2.3	.01072	.01044	.01017	.00990	.00964	.00939	.00914	.00889	.00866	.00842
-2.2	.01390	.01355	.01321	.01287	.01255	.01222	.01191	.01160	.01130	.01101
-2.1	.01786	.01743	.01700	.01659	.01618	.01578	.01539	.01500	.01463	.01426
-2.0	.02275	.02222	.02169	.02118	.02068	.02018	.01970	.01923	.01876	.01831
-1.9	.02872	.02807	.02743	.02680	.02619	.02559	.02500	.02442	.02385	.02330
-1.8	.03593	.03515	.03438	.03362	.03288	.03216	.03144	.03074	.03005	.02938
-1.7	.04457	.04363	.04272	.04182	.04093	.04006	.03920	.03836	.03754	.03673
-1.6	.05480	.05370	.05262	.05155	.05050	.04947	.04846	.04746	.04648	.04551
-1.5	.06681	.06552	.06426	.06301	.06178	.06057	.05938	.05821	.05705	.05592
-1.4	.08076	.07927	.07780	.07636	.07493	.07353	.07215	.07078	.06944	.06811
-1.3	.09680	.09510	.09342	.09176	.09012	.08851	.08691	.08534	.08379	.08226
-1.2	.11507	.11314	.11123	.10935	.10749	.10565	.10383	.10204	.10027	.09853
-1.1	.13567	.13350	.13136	.12924	.12714	.12507	.12302	.12100	.11900	.11702
-1.0	.15866	.15625	.15386	.15151	.14917	.14686	.14457	.14231	.14007	.13786
-0.9	.18406	.18141	.17879	.17619	.17361	.17106	.16853	.16602	.16354	.16109
-0.8	.21186	.20897	.20611	.20327	.20045	.19766	.19489	.19215	.18943	.18673
-0.7	.24196	.23885	.23576	.23270	.22965	.22663	.22363	.22065	.21770	.21476
-0.6	.27425	.27093	.26763	.26435	.26109	.25785	.25463	.25143	.24825	.24510
-0.5	.30854	.30503	.30153	.29806	.29460	.29116	.28774	.28434	.28096	.27760
-0.4	.34458	.34090	.33724	.33360	.32997	.32636	.32276	.31918	.31561	.31207
-0.3	.38209	.37828	.37448	.37070	.36693	.36317	.35942	.35569	.35197	.34827
-0.2	.42074	.41683	.41294	.40905	.40517	.40129	.39743	.39358	.38974	.38591
-0.1	.46017	.45620	.45224	.44828	.44433	.44038	.43644	.43251	.42858	.42465
-0.0	.50000	.49601	.49202	.48803	.48405	.48006	.47608	.47210	.46812	.46414

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı Engin Baytürk
 Doğum Yeri Çorlu
 Doğum Tarihi 27.06.1990
 Uyruğu ☒ T.C. ☐ Diğer:
 Telefon +905534715292
 E-Posta Adresi enginbayturk@hotmail.com
 Web Adresi



Eğitim Bilgileri

Lisans

Üniversite İstanbul Kültür Üniversitesi
 Fakülte Mühendislik Fakültesi
 Bölümü Endüstri Mühendisliği Bölümü
 Mezuniyet Yılı 10.07.2012

Yüksek Lisans

Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Endüstri Mühendisliği Programı
Mezuniyet Yılı	12.01.2016

Doktora

Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Endüstri Mühendisliği Programı

Makale ve Bildiriler

Küçükdeniz, T., Esnaf, Ş., Baytürk, E., 2019, Extended Single-Iteration Fuzzy C-Means, and Gustafson-Kessel Algorithms for Medium-Sized (106) Multisource Weber Problem, *International Journal of Operations Research and Information Systems*, 10(3), 1-15.

Büyüksaatçi Kiriş, S., Baray, Ş., A., Baytürk, E., 2017, Inventory Management Model Decision for Slow-Moving Parts Based On Value At Risk, *International Symposium for Production Research*, 13-15 Eylül 2017, Avusturya, Viyana, 423-430.

Baytürk, E., Halulu, S., Yüksektepe, F., 2014, Optimal Appointment Schedules in a Hospital Radiology Department, *International Federation of Operational Research Societies*, 13-17 Temmuz 2014, İspanya, Barselona.

Halulu, S., Baytürk, E., Yüksektepe, F., 2014, Optimal Department Locations Determination and Workforce Schedule in Textile Industry, *International Federation of Operational Research Societies*, 13-17 Temmuz 2014, İspanya, Barselona.

Baytürk, E., Durak, M., Y., Yüksektepe, F., 2013, Aircraft Maintenance Scheduling via Optimization, *European Conference On Operational Research*, 1-4 Temmuz 2013, İtalya, Roma.

