

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**İNSANİ YARDIM LOJİSTİĞİNDE DAĞITIM MERKEZİ YER SEÇİMİ VE
İSTANBUL UYGULAMASI**

DOKTORA TEZİ

Hafize YILMAZ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

TEMMUZ 2021

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**İNSANİ YARDIM LOJİSTİĞİNDE DAĞITIM MERKEZİ YER SEÇİMİ VE
İSTANBUL UYGULAMASI**

DOKTORA TEZİ

**Hafize YILMAZ
(507122104)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Özgür KABAK

TEMMUZ 2021

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 507122104 numaralı Doktora Öğrencisi Hafize YILMAZ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "İNSANİ YARDIM LOJİSTİĞİNDE DAĞITIM MERKEZİ YER SEÇİMİ VE İSTANBUL UYGULAMASI" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Özgür KABAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. İlker Y. TOPÇU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Şule Önsel EKİCİ
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa

Doç. Dr. Murat BASKAK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Umut H. İNAN
Esenyurt Üniversitesi

Teslim Tarihi : 15 Haziran 2021
Savunma Tarihi : 12 Temmuz 2021



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının amacı bir afetten etkilenen kişilere gönderilecek yardım malzemelerinin depolandığı ve sınıflandırma işlemlerinin yapıldığı dağıtım merkezlerinin yer seçiminin yapılmasıdır.

Tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimleri ile bana destek olan ve yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Özgür KABAK'a çok teşekkür ederim. Kendisine çalışmama ayırdığı zaman ve emek için minnettarım.

Son olarak da her zaman yanımda olan ve bana destek olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Haziran 2021

Hafize YILMAZ
(Endüstri Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET	xxv
SUMMARY	xxvii
1.GİRİŞ	1
1.1 Tezin Anlam ve Önemi.....	3
1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı.....	6
2.YAZIN TARAMASI	11
2.1 İnsani Yardım Lojistiği Yazın Taraması	11
2.1.1 Odaklanılan afet yönetim aşamasına göre çalışmaların sınıflandırılması .	11
2.1.2 Kullanılan model türüne göre çalışmaların sınıflandırılması	20
2.1.2.1 Matematiksel programlama kullanılan çalışmalar.....	20
2.1.2.2 Sezgisel model kullanılan çalışmalar	25
2.1.2.3 Stokastik model kullanılan çalışmalar.....	26
2.1.2.4 Melez modellerin kullanıldığı çalışmalar	29
2.1.2.5 Karar destek sistemi içeren çalışmalar	35
2.1.2.6 Simülasyon kullanılan çalışmalar	36
2.1.2.7 Model kullanılmayan çalışmalar	37
2.1.2.8 İstatistiksel yöntemler.....	39
2.1.2.9 Model kullanılan çalışmaların sınıflandırılması	39
2.2 İnsani Yardım Lojistiğinde Dağıtım Merkezi Yer Seçimi Çalışmaları	40
2.2.1 Yazında kullanılan ADM yer seçimi kriterleri	41
2.2.2 Yazında kullanılan GDM yer seçimi kriterleri	47
3.KULLANILAN YÖNTEMLER	53
3.1 Kapsama Temelli Matematiksel Modeller.....	53
3.1.1 Küme kapsama modelleri	54
3.1.2 En büyük kapsama modelleri	55
3.3.3 P-Medyan Modeller	56
3.2 Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri	57
3.2.1 Çok amaçlı karar verme.....	58
3.2.2 Çok ölçütlü karar verme	60
3.2.2.1 Analitik hiyerarşi süreci	60
3.2.2.2 TOPSIS	61
3.2.2.3 Bulanık AHS	61
3.2.2.4 Bulanık TOPSIS	61
3.2.2.5 Aralık tip-2 bulanık AHS	62
3.2.2.6 Aralık tip-2 bulanık TOPSIS	64

4. ÖNERİLEN YÖNTEM.....	67
4.1 DM Yer Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi.....	68
4.1.1 ADM yer seçimi kriterlerinin belirlenmesi.....	69
4.1.2 GDM yer seçimi kriterlerinin belirlenmesi.....	73
4.2 DM Yer Seçim Kriterlerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	75
4.3 ADM ve GDM Aday Noktalarının Performans Değerlerinin Belirlenmesi	75
4.4 Aday DM Performans Değerlerinin Farklı Yöntemlerle Belirlenmesi.....	77
4.5 Önerilen Matematiksel Model	79
5. İSTANBUL İLİNDE DEPREM SONRASINDA KULLANILACAK ANA VE GEÇİCİ DAĞITIM MERKEZLERİNİN YER SEÇİM UYGULAMASI.....	85
5.1 İstanbul İli İçin ADM ve GDM Aday Noktalarının Belirlenmesi	86
5.2 ADM ve GDM Yer Seçimi Kriterlerinin Belirlenmesi ve Ağırlıklandırılması – İstanbul Uygulaması	88
5.2.1 Uzmanlardan tercih puanlarının alınması.....	88
5.2.2 ADM yer seçim kriterlerinin ağırlıklandırılması – İstanbul uygulaması... 88	
5.2.3 GDM yer seçim kriterlerinin ağırlıklandırılması – İstanbul uygulaması... 92	
5.3 DM Aday Noktalarının Performans Değerlerinin Belirlenmesi	93
5.3.1 ADM performans değerlerinin belirlenmesi.....	93
5.3.2 GDM performans değerlerinin belirlenmesi.....	97
5.4 Matematiksel Model - İstanbul Uygulaması.....	100
6. SENARYO ANALİZLERİ	107
6.1 Senaryo 1: İstanbul Anadolu Yakası Uygulaması	108
6.1.1 Duyarlılık analizi: Maksimum ortalama yürüme mesafesi ve her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı	109
6.1.2 Duyarlılık analizi: ADM depo olanakları parametresi	114
6.1.3 Duyarlılık analizi: GDM depo olanakları parametresi	118
6.1.4 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM'nin havaalanı uzaklık parametresi.....	123
6.1.5 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM'nin limana olan uzaklık parametresi.....	127
6.1.6 Duyarlılık analizi: Bir ADM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı	131
6.1.7 Duyarlılık analizi: Bir GDM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı	135
6.1.8 Duyarlılık analizi: ADM sayısındaki değişim	138
6.1.9 Duyarlılık analizi: GDM sayısındaki değişim	142
6.1.10 Duyarlılık analizi: Ortalama ürün taşıma uzaklığındaki değişim.....	146
6.1.11 Duyarlılık analizi: Ortalama DM performans değeri	149
6.1.12 Anadolu yakası duyarlılık analizi sonuçları	151
6.2 Senaryo 2: İstanbul İli Avrupa Yakası Uygulaması	155
6.2.1 Duyarlılık analizi: Maksimum ortalama yürüme mesafesi ve her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı	156
6.2.2 Duyarlılık analizi: ADM depo olanakları parametresi	159
6.2.3 Duyarlılık analizi: GDM depo olanakları parametresi	163
6.2.4 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM'nin havaalanı uzaklık parametresi.....	167
6.2.5 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM'nin liman uzaklık parametresi.....	171
6.2.6 Duyarlılık analizi: Bir ADM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı	174

6.2.7 Duyarlılık analizi: Bir GDM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı	178
6.2.8 Duyarlılık analizi: ADM sayısındaki değişim	181
6.2.9 Duyarlılık analizi: GDM sayısındaki değişim	183
6.2.10 Duyarlılık analizi: Ortalama ürün taşıma uzaklığındaki değişim.....	186
6.2.11 Duyarlılık analizi: Ortalama DM performans değeri	189
6.2.12 Avrupa yakası duyarlılık analizi sonuçları.....	192
6.3 Senaryo 3: Tüm İstanbul Uygulaması	195
6.3.1 Duyarlılık analizi: Maksimum ortalama yürüme mesafesi ve her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı	195
6.3.2 Duyarlılık analizi: ADM depo olanakları parametresi	200
6.3.3 Duyarlılık analizi: GDM depo olanakları parametresi	203
6.3.4 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM'nin havaalanı uzaklık parametresi.....	206
6.3.5 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM'nin liman uzaklık parametresi	209
6.3.6 Duyarlılık analizi: Bir ADM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı	212
6.3.7 Duyarlılık analizi: Bir GDM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı	215
6.3.8 Duyarlılık analizi: ADM sayısındaki değişim	218
6.3.9 Duyarlılık analizi: GDM sayısındaki değişim	221
6.3.10 Duyarlılık analizi: Ortalama ürün taşıma uzaklığındaki değişim.....	223
6.3.11 Duyarlılık analizi: Ortalama DM performans değeri	227
6.3.12 İstanbul uygulaması duyarlılık analizi sonuçları.....	230
6.4 Senaryo Sonuçlarının Karşılaştırılması	232
7. SONUÇLAR	235
KAYNAKLAR	241
EKLER	255
ÖZGEÇMİŞ.....	283



KISALTMALAR

ADM	: Ana Dağıtım Merkezi
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇÖKV	: Çok Ölçütlü Karar Verme
DM	: Dağıtım Merkezi
GDM	: Geçici Dağıtım Merkezi
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
TAMP	: Türkiye Afet Müdahale Planı
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : 2000-2019 yıllarının arasında en fazla can kaybına sebep olan afetler..	1
Çizelge 1.2 : Afetlerin tedarik ve ihtiyaçlara etkisi	7
Çizelge 2.1 : Yazında kullanılan ADM yer seçim kriterleri	43
Çizelge 2.2 : Yazında kullanılan GDM yer seçim kriterleri	49
Çizelge 3.1 : ÇÖKV ve ÇAKV karşılaştırması	58
Çizelge 4.1 : Yazında kullanılan afet dağıtım merkezi yer seçim kriterleri	69
Çizelge 4.2 : AHS’de kullanılan dilsel terimlerin aralık tip-2 bulanık ölçekleri.....	76
Çizelge 4.3 : Dilsel terimlerin tanımları ve aralık tip-2 bulanık değer skalaları	76
Çizelge 5.1 : ADM yer seçimi ana kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi	89
Çizelge 5.2 : ADM yer seçimi ana kriterleri birleştirilmiş karşılaştırma matrisi	89
Çizelge 5.3 : ADM yer seçimi kriter ağırlıkları.....	91
Çizelge 5.4 : GDM yer seçimi kriter ağırlıkları.....	92
Çizelge 5.5 : ADM yer seçim kriter göstergeleri.....	94
Çizelge 5.6 : Özel mülkler için maliyet kriteri dilsel terim seçimi.....	94
Çizelge 5.7 : Bir ADM aday noktası için kriter değerlendirmeleri	96
Çizelge 5.8 : ADM aday noktaları için performans değerleri	97
Çizelge 5.9 : GDM yer seçim kriter göstergeleri.....	98
Çizelge 5.10 : Bina türü bazında GDM kriter değerlendirmeleri	99
Çizelge 5.11 : En yüksek ve en düşük performans değerine sahip GDM aday noktaları.....	99
Çizelge 5.12 : Kozyatağı mahallesi verileri.....	102
Çizelge 5.13: Önerilen matematiksel model hedef değerlerinin örnek problem için belirlenmesi	102
Çizelge 5.14: Örnek problem hedef programlama çözümü.....	104
Çizelge 6.1 : Senaryolarda incelenen parametre ve amaç fonksiyonları	108
Çizelge 6.2 : Önerilen parametreler için Anadolu yakası uygulaması model çözümü	153
Çizelge 6.3 : Tüm talep karşılanması durumu için Anadolu yakası model çözümü	155
Çizelge 6.4 : Önerilen parametreler için Avrupa yakası model çözümü	194
Çizelge 6.5 : Önerilen parametreler için tüm İstanbul uygulaması model çözümü.	232
Çizelge 6.6 : Tüm talep karşılanması durumu için önerilen model çözümleri.....	233
Çizelge C.1 : İstanbul uygulaması ADM aday noktası listesi	264
Çizelge C.2 : İstanbul uygulaması GDM aday noktası listesi	265
Çizelge E.1 : İstanbul uygulaması ADM aday noktası performans değerleri	276
Çizelge E.2 : İstanbul uygulaması GDM aday noktası performans değerleri	277



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Afet yardım dağıtım zinciri	4
Şekil 1.2 : Afet yönetim çevrimi.....	8
Şekil 4.1 : DM yer seçimi için önerilen yöntem.....	67
Şekil 4.2 : Ana dağıtım merkezi yer seçimi karar hiyerarşisi.....	71
Şekil 4.3 : Geçici dağıtım merkezi yer seçim karar hiyerarşisi	74
Şekil 4.4 : DM performans değeri belirleme akış şeması.....	77
Şekil 4.5 : 1. ADM alternatifinin performans değerlerinin çözüm yöntemlerine göre değişimini gösteren tanımlayıcı istatistikler.....	78
Şekil 4.6: 1. ADM alternatifinin performans değeri belirlenmesinde çözüm yöntemlerinin ikili karşılaştırma sonucu	79
Şekil 5.1 : İstanbul’da olması muhtemel deprem senaryoları.....	86
Şekil 5.2 : İstanbul’daki Model C senaryosunun gerçekleşmesi durumunda ağır hasarlı bina oranı	101
Şekil 5.3 : Örnek İstanbul uygulaması model çözümü.....	104
Şekil 6.1 : Yürüme uzaklığı parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.....	110
Şekil 6.2 : Ortalama yürüme uzaklığı parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.	110
Şekil 6.3 : Ortalama yürüme uzaklığı ile her bölgeden karşılanan minimum talep oranı ilişkisi.....	111
Şekil 6.4 : Model ortalama yürüme uzaklığı, her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı ve model sonucu toplam karşılanan talep arasındaki ilişkisi.	112
Şekil 6.5 : Model ortalama yürüme uzaklığı, her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı ve model sonucu ortalama DM performans değeri arasındaki ilişkisi.....	113
Şekil 6.6 : Model ortalama yürüme uzaklığı parametresi, her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı ve birim ürün taşıma uzaklığı arasındaki ilişkisi.....	113
Şekil 6.7 : ADM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.....	115
Şekil 6.8 : ADM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.....	115
Şekil 6.9 : ADM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi ..	116
Şekil 6.10 : ADM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	117
Şekil 6.11 : ADM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi	118
Şekil 6.12 : ADM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi	118
Şekil 6.13 : GDM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.....	119
Şekil 6.14 : GDM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.....	120
Şekil 6.15 : GDM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.....	121
Şekil 6.16 : GDM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talep miktarına etkisi.....	121

Şekil 6.17 : GDM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.....	122
Şekil 6.18 : GDM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi	122
Şekil 6.19 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ADM sayısına etkisi	123
Şekil 6.20 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının GDM sayısına etkisi	124
Şekil 6.21 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	125
Şekil 6.22 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama DM performans değerine etkisi	125
Şekil 6.23 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama yürüme uzaklığına etkisi.....	126
Şekil 6.24 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının karşılanan toplam talebe etkisi	127
Şekil 6.25 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ADM sayısına etkisi	128
Şekil 6.26 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin GDM sayısına etkisi	128
Şekil 6.27 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	129
Şekil 6.28 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi	130
Şekil 6.29 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.....	130
Şekil 6.30 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.....	131
Şekil 6.31: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi	132
Şekil 6.32 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi	132
Şekil 6.33 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	133
Şekil 6.34 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi	133
Şekil 6.35 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.....	134
Şekil 6.36 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.....	134
Şekil 6.37 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi	135
Şekil 6.38 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi	136
Şekil 6.39 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	136
Şekil 6.40 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi	137
Şekil 6.41 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.....	137

Şekil 6.42 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi	138
Şekil 6.43 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.....	139
Şekil 6.44 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi.....	140
Şekil 6.45 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep oranı	141
Şekil 6.46 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri	141
Şekil 6.47 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama ortalama ürün taşıma uzaklığı	142
Şekil 6.48 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.....	143
Şekil 6.49 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep	144
Şekil 6.50 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama ürün taşıma uzaklığı	144
Şekil 6.51 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama DM performans değeri	145
Şekil 6.52 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep	145
Şekil 6.53 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.....	146
Şekil 6.54 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.....	147
Şekil 6.55 : Ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep.....	147
Şekil 6.56 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri değişimi	148
Şekil 6.57 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi değişimi.....	148
Şekil 6.58 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.....	149
Şekil 6.59 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.....	150
Şekil 6.60 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama ürün taşıma uzaklığı	150
Şekil 6.61 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama toplam karşılanan talep.....	151
Şekil 6.62 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme uzaklığı.....	151
Şekil 6.63 : Anadolu yakası uygulamasında önerilen parametrelere göre açılan dağıtım merkezleri.....	154
Şekil 6.64 : Anadolu yakası uygulamasında tüm talep karşılandığında açılan dağıtım merkezleri.....	155
Şekil 6.65 : Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak açılan ADM sayısı.....	156

Şekil 6.66 : Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak açılan GDM sayısı	158
Şekil 6.67 : Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak toplam karşılanan talep.....	158
Şekil 6.68 : Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı ortalama DM performans değeri	159
Şekil 6.69 : Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı ortalama ürün taşıma uzaklığı	159
Şekil 6.70 : ADM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.....	160
Şekil 6.71 : ADM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.....	161
Şekil 6.72 : ADM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi	161
Şekil 6.73 : ADM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	162
Şekil 6.74 : ADM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.....	162
Şekil 6.75 : ADM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi	163
Şekil 6.76 : GDM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.....	164
Şekil 6.77 : GDM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.....	164
Şekil 6.78 : GDM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	165
Şekil 6.79 : GDM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talep miktarına etkisi.....	165
Şekil 6.80 : GDM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.....	166
Şekil 6.81 : GDM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi	166
Şekil 6.82 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum ADM sayısına etkisi	167
Şekil 6.83 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının GDM sayısına etkisi	168
Şekil 6.84 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama DM performans değerine etkisi	169
Şekil 6.85 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama yürüme uzaklığına etkisi.....	169
Şekil 6.86 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	170
Şekil 6.87 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının karşılanan toplam talebe etkisi	170
Şekil 6.88 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ADM sayısına etkisi	171
Şekil 6.89 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin GDM sayısına etkisi	172
Şekil 6.90 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	172
Şekil 6.91 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi	173
Şekil 6.92 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.....	173

Şekil 6.93 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi	174
Şekil 6.94 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi	175
Şekil 6.95 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi	175
Şekil 6.96 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	176
Şekil 6.97 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi	176
Şekil 6.98 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.....	177
Şekil 6.99 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi	177
Şekil 6.100 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi	178
Şekil 6.101 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi	179
Şekil 6.102 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	179
Şekil 6.103 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi	180
Şekil 6.104 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi	180
Şekil 6.105 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.....	181
Şekil 6.106 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi.....	181
Şekil 6.107 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep oranı	182
Şekil 6.108 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri	182
Şekil 6.109 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı birim ürün taşıma uzaklığı	183
Şekil 6.110 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.....	183
Şekil 6.111 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep	184
Şekil 6.112 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama ürün taşıma uzaklığı.....	185
Şekil 6.113 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama DM performans değeri	185
Şekil 6.114 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep	186
Şekil 6.115 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.....	186
Şekil 6.116 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.....	187
Şekil 6.117 : Ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep.....	188

Şekil 6.118 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri değişimi.....	188
Şekil 6.119 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi değişimi	189
Şekil 6.120 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı	189
Şekil 6.121 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı	190
Şekil 6.122 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama ürün taşıma uzaklığı	190
Şekil 6.123 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama toplam karşılanan talep.....	191
Şekil 6.124 : Ortalama DM performans parametresi ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme uzaklığı	192
Şekil 6.125 : Avrupa yakası uygulaması sonucu açılan dağıtım merkezleri	195
Şekil 6.126 : Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak açılan ADM sayısı	196
Şekil 6.127 : Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak açılan GDM sayısı	197
Şekil 6.128 : Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak toplam karşılanan talep.....	198
Şekil 6.129 : Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı ortalama DM performans değeri	199
Şekil 6.130 : Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı ortalama ürün taşıma uzaklığı	199
Şekil 6.131 : ADM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi....	200
Şekil 6.132 : ADM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi....	201
Şekil 6.133 : ADM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi	201
Şekil 6.134 : ADM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.....	202
Şekil 6.135 : ADM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.....	202
Şekil 6.136 : GDM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi....	204
Şekil 6.137 : GDM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi....	204
Şekil 6.138 : GDM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.....	205
Şekil 6.139 : GDM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talep miktarına etkisi	205
Şekil 6.140 : GDM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.....	206
Şekil 6.141 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum ADM sayısına etkisi	207
Şekil 6.142 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının GDM sayısına etkisi	208
Şekil 6.143 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama DM performans değerine etkisi	208
Şekil 6.144 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	209

Şekil 6.145 : Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının karşılanan toplam talebe etkisi	209
Şekil 6.146 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ADM sayısına etkisi	210
Şekil 6.147 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin GDM sayısına etkisi	210
Şekil 6.148 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	211
Şekil 6.149 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi	211
Şekil 6.150 : Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi	212
Şekil 6.151 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi	213
Şekil 6.152 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi	213
Şekil 6.153 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	214
Şekil 6.154 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi	214
Şekil 6.155 : Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi	215
Şekil 6.156 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi	216
Şekil 6.157 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi	216
Şekil 6.158 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi	217
Şekil 6.159 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi	217
Şekil 6.160 : Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi	218
Şekil 6.161 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.....	219
Şekil 6.162 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep oranı	219
Şekil 6.163 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri	220
Şekil 6.164 : Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı birim ürün taşıma uzaklığı	220
Şekil 6.165 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.....	221
Şekil 6.166 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep	222
Şekil 6.167 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama ürün taşıma uzaklığı.	222
Şekil 6.168 : Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama DM performans değeri	223
Şekil 6.169 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.....	224

Şekil 6.170 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı	225
Şekil 6.171 : Ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep	225
Şekil 6.172 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri değişimi.....	226
Şekil 6.173 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi değişimi	226
Şekil 6.174 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı	227
Şekil 6.175 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı	228
Şekil 6.176 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama ürün taşıma uzaklığı	228
Şekil 6.177 : Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama toplam karşılanan talep.....	229
Şekil 6.178 : Ortalama DM performans parametresi ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme uzaklığı.....	229
Şekil 6.179 : Tüm İstanbul uygulaması önerilen parametreler ile açılan dağıtım merkezleri.....	232
Şekil A.1 : Kullanılan yöntem bazında performans değerlerinin Kruskal Wallis testi sonucu	256
Şekil B.1 : ADM 6 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu	257
Şekil B.2 : ADM 7 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu	257
Şekil B.3 : ADM 8 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu	258
Şekil B.4 : ADM 9 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu	258
Şekil B.5 : ADM 11 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu	259
Şekil B.6 : ADM 13 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu	259
Şekil B.7 : ADM 14 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu	260
Şekil B.8 : ADM 15 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu	260
Şekil B.9 : ADM 17 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu	261
Şekil B.10 : ADM 19 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu ..	261
Şekil B.11 : ADM 20 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu ..	262
Şekil B.12 : ADM 22 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu ..	262
Şekil B.13 : ADM 23 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu ..	263
Şekil B.14 : ADM 27 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu ..	263

İNSANİ YARDIM LOJİSTİĞİNDE DAĞITIM MERKEZİ YER SEÇİMİ VE İSTANBUL UYGULAMASI

ÖZET

Günümüzde, birçok problemin teknolojinin yardımıyla daha rahat çözülebilmesine karşın, doğal ve insan-yapımı felaketlerin yıkıcı sonuçları ile başa çıkmada hala yetersiz olduğumuz görülmektedir. Tüm dünyada gerçekleşen afet ve felaketlerde hala milyonlarca insan hayatını kaybederken, bu afet ve felaketlerden etkilenen kişi sayısı ise milyarlarca ulaşmaktadır. Bir afetten zarar gören savunmasız kişilerin zararlarını hafifletmek ve ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, kaynak merkezinden ihtiyaç sahiplerine ulaşımına kadar, ürünlerin mali açıdan etkili akışının, konuyla ilişkili bilgilerle birlikte materyal ve ürünlerin depolanmasının etkin bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolüne insani yardım lojistiği adı verilir. İnsani yardım lojistiği yardım operasyonlarının hızı ve etkinliği açısından kritik bir öneme sahiptir.

Afet yönetimi; afetin etkilerini azaltmak veya önlemek için afet öncesinde, sırasında ve sonrasında uygulanmak için tasarlanmış sistemler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Afet öncesi görevler; potansiyel tehlikeleri belirlemek, analiz etmek ve olası hasarı hafifletmek için gerekli faaliyet planlarının yapılmasıdır. Afet öncesi aşamanın en önemli konularından biri de afet yardım operasyonlarında kullanılacak dağıtım merkezlerinin yer seçimidir. İnsani yardım organizasyonları genellikle gerekli yardım malzemelerini ve ekipmanlarını afet öncesinde ana dağıtım merkezlerinde depolar. Bir afetin yaşanmasının ardından, bu depolanan malzemeler (ilaç, su, yiyecek gibi) afetzedelere geçici dağıtım merkezleri aracılığı ile ulaştırılır. Afet durumunda bu yardımların ulaştırılması hayati önem taşıdığından, bu lojistik ağda kullanılacak dağıtım merkezlerinin yer seçimi de kritik bir öneme sahiptir ve hem afet öncesi hem de afet sonrası operasyonların verimlilik ve etkinliği üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır.

Afet yönetiminde yer seçimi ile su, yiyecek, medikal malzeme, ekipman ve diğer ihtiyaç duyulan insani yardım malzemelerinin dağıtımını sağlayan bir ağ tasarlanmasını amaçlamaktadır. Afetten etkilenen bölgede gerekli olan yardım merkezlerinin sayısı, konumu ve görevinin belirlenmesi işlemlerini içermektedir. Afet yönetiminde yer belirlemesi yapılacak tesisler genellikle dağıtım merkezleri/depolar ve barınaklardır. Ayrıca medikal merkezler ve diğer istenen tesisler de yer seçimi modellerine eklenebilir. Afet yardım çalışmalarında temel olarak iki tür dağıtım merkezi bulunmaktadır: Ana dağıtım merkezleri afet yardım malzemelerinin tedarik ve koordinasyon merkezi iken ürünler buradan geçici dağıtım merkezleri aracılığı ile ihtiyaç sahiplerine ulaştırılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, afetten etkilenen kişilere gönderilecek yardım malzemelerinin depolandığı ana dağıtım merkezleri ile afetin gerçekleşmesinin ardından afet bölgesinde kurulacak geçici dağıtım merkezlerinin yer seçimi için bir Çok Ölçütlü Karar Verme ve Çok Amaçlı Matematiksel Modeli içeren bir model önerilmiştir. Gerçek hayatta her aday ana ve geçici dağıtım merkezi, dağıtım ve depolama

işlemlerinde istenen nitelikleri aynı oranda karşılayamamaktadır. Örneğin bazı dağıtım merkezlerinde bulunan ısıtma ve soğutma sistemleri ile ürünler daha iyi ve sağlıklı ortamda korunabilirken, bazı dağıtım merkezlerinin dış duvarı olması ve güvenlik kameralarının bulunması gibi bina özellikleri ürünlerin yağma gibi risklere karşı daha güvenle muhafaza edilmesine olanak tanımaktadır. Bu gibi gerçek hayat koşullarının dikkate alınabilmesi adına her aday geçici ve ana dağıtım merkezi için, Çok Ölçütlü Karar Verme modeli ile bir performans değeri elde edilmiştir. Bunun için öncelikle yapılan yazın taraması ve uzman görüşmeleri sonucunda yer seçimi için kullanılan kriterler, ana ve geçici dağıtım merkezi yer seçimi için ayrı olarak belirlenmiştir. Ardından uzmanlardan alınan görüşler ile bu kriterlerin ağırlıkları Aralık Tip-2 Bulanık AHS ile belirlenmiştir. Ardından aday dağıtım merkezlerine ait niteliksel ve niceliksel veriler kullanılarak Aralık Tip-2 TOPSIS yöntemi ile her aday dağıtım merkezi için bir performans değeri elde edilmiştir. Önerilen modelde her iki tür dağıtım merkezinin yer seçimi ise önerilen çok amaçlı matematiksel model ile eşzamanlı olarak yapılmaktadır. Matematiksel modelde yardım ürünlerinin ana ve geçici dağıtım merkezleri aracılığı ile afetzedelere ulaşması için gidilen ağırlıklı uzaklığın, karşılanmayan toplam talebin, açılan ana ve geçici dağıtım merkezlerinin sayıları ile afetzedelerin ortalama yürüme uzaklığının minimize edilmesi hedeflenmektedir. Bununla birlikte, açılan ana ve geçici dağıtım merkezlerinin, Çok Ölçütlü Karar Verme modeli ile elde edilen toplam performans değerinin maksimize edilmesi de bir amaç olarak matematiksel modele eklenmiş olup bu amaçla afet yardım operasyonlarının daha hızlı ve etkili bir ortamda yapılarak ürünlerin bozulmadan afetzedelere ulaştırılabilmesi hedeflenmiştir.

İstanbul şehri, önemli bir sosyal, ekonomik ve jeopolitik merkez olmakla birlikte Türkiye'nin ekonomik ve kültürel başkentidir. İstanbul birçok farklı afet tehlikesi ile karşı karşıya olmakla birlikte, etki ve zararlar açısından en önemli doğal afetin deprem tehlikesi olduğu söylenebilir. Şehrin yaklaşık 20 km güneyinde yer alan ve son derece yüksek sismik tehlike riski olan aktif bir fay bölgesi bulunmaktadır. Yakın gelecekte İstanbul'u etkilemesi beklenen depremin ise yaklaşık 1 - 3 milyon kişiyi etkilemesi, 40.000 - 60.000 binada ağır hasar yaratması ve en az 500.000 kişiyi evsiz bırakması beklenmektedir. Tahmini ekonomik hasar ise 60-70 milyar \$'dır. Bu nedenle yakın gelecekte bu kadar ağır etkiler yaratacak bir deprem beklenen İstanbul şehri için, olası afetin etkilerini azaltma ve önleme çalışmalarının yapılması gerektiği açıktır. Bu amaçla bu tez çalışmasında önerilen DM yer seçimi modelinin İstanbul ili için bir uygulama çalışması yapılmıştır. Uygulamada İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 2020 yılında hazırlanan Olası Deprem Kayıp Tahminleri kitapçıklarında verilen güncel veriler ile en kötümser senaryo olarak da kabul edilen gece nüfusu senaryosu verileri kullanılmıştır. Olası deprem sonrası gerçekleşebilecek üç farklı senaryo için model uygulaması yapılmış olup senaryo analizleri ile yaşanabilecek farklı durumlar için önerilerde bulunulmuş ve model duyarlılık analizleri yapılmıştır.

DISTRIBUTION CENTER LOCATION SELECTION IN HUMANITARIAN LOGISTICS AND ISTANBUL APPLICATION

SUMMARY

Although technological advancements solved many problems, the capacities of many societies are not enough to cope with the massively destructive effects of natural disasters. Natural disaster events still cause ten thousands of deaths and affect millions of people all around the world every year. The economic damage has been estimated at over a hundred billion USD as well. This increasing effect of disasters in recent years revealed the need for effective and efficient disaster response operations.

Disaster management is defined as a composition of systems that are designed for reducing and preventing the effects of disasters, during, before and after the disaster. Post-disaster operations include the events starting with a disaster such as relocation of depots, management and coordination of available resources while pre-disaster studies are interested in assessing and analyzing potential dangers and mitigation of possible damages before occurring of it. One of the most critical issues of the pre-disaster phase is selecting distribution center locations for disaster relief operations. Humanitarian relief organizations usually pre-position essential relief items and equipment in main distribution centers. After the occurrence of disaster, pre-positioned relief items such as medicine, food, water and equipment are delivered to victims of disasters. Since the delivery time of relief items has vital importance for victims, location selection for these facilities is a key issue for relief operations.

Facility location modeling is a strategic planning approach for disaster management and has a significant influence on the effectiveness and efficiency of pre-disaster and post-disaster operations. The location problem in disaster management aims at designing a network for distributing water, food, medical goods, equipment and other needed humanitarian aid. It includes determining number, position and the mission of required humanitarian centers in the affected area. The facilities to be located in disaster management are usually shelters and distribution centers/warehouses. Medical centers and other locations might also be involved in facility location and selection models. This paper assumes the main and local distribution centers as facilities. Main distribution centers are planned to act as supply and coordination points from where relief items will be distributed to local distribution points in the affected area.

Main distribution centers are permanent facilities for pre-positioning, storing or sorting purposes and usually assumed that they are not affected by a disaster. Local distribution centers deliver relief goods to victims directly and constructed temporarily in the hot zone after a disaster occurs. Therefore, main and local distribution centers have different characteristics and missions. Furthermore, distribution centers to be selected for disaster response operations are expected to meet various quantitative and qualitative criteria. The key point is not only optimizing the facility location in emergency humanitarian logistic problems but also seeking a suitable facility that the experts can commandeer and use as well. In real-life cases, distribution center

alternatives have very different facility characteristics and conditions. The location and/or infrastructure of the candidate facilities/sites usually conforms the required criteria at different levels. For instance, a school or a cold storage depot can be used as a local distribution center. However, it is obvious that a cold storage depot can preserve the relief goods such as food and medicine in better conditions with compared to a school building. Moreover, a walled distribution center equipped with closed-circuit television cameras in the compound, fire alarm systems and security guards is preferred to prevent plunder attempts considering the chaotic post-disaster environment. Therefore, prioritization of the distribution centers is crucial to be able to evaluate each distribution center alternative properly with respect to both qualitative and quantitative criteria. However, mathematical models used in the literature for locating distribution centers usually take into consideration quantitative criteria only. Hence, this study proposes a combined methodology including Multi-Criteria Decision Making and Multi Objective Mathematical Modelling for locaiton selection of main and local distribution centers simultaneously. The proosed Multi-Criteria Decision Making model mainly calculates a performance score for each distribution center alternative and enables decision-makers to assess each alternative accordingly. Then multi-objective mathematical model uses the performans scores as an objeptive and gives the final decision on distriburion center locations. The proposed methodology is applied in Istanbul city, where a high-magnitude earthquake is expected.

This study incorporates multi-criteria and multi objective decision-making techniques for disaster distribution centers location selection problem. Initially, two separate multi-criteria decision-making models are developed for main and local disaster response distribution centers. In the suggested method, weights of the criteria are specified using type-2 fuzzy analytic hierarchy process (AHP) and candidate distribution centers are prioritized with type-2 fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS). The proposed Multi-Criteria Decision Making model in this paper prioritizes alternative distribution centers and indicates their conformity levels with respect to both qualitative and quantitative criteria. The result of the Multi-Criteria Decision Making model is assumed as the performance score for the related districution center. A new multi-objective mathematical model is also proposed to locate the main and local distribution centers simultaneously. This model uses the performance scores that are obained as aresult of Multi-Criteria Decision Making model. Additionally, mathematical model take into account other circumstances such as the distance among demand points, local, and main distribution centers, the number of opened local and main distribution centers, walking distance of the affected people, total unsatisfied demand, equity and effectivity of the relief operation.

Istanbul is not only the biggest city in Turkey but also the economic, industrial and cultural center of Turkey. However, the city with a population of around 15 million is very risk-prone to an earthquake. The active fault zone is located in the Marmara Sea that lies around 20 km south of the city and poses an extremely high seismic hazard risk. The last major incident affecting Istanbul was the 1999 earthquake which had devastating consequences: 20.000 fatalities, 50.000 injured people and 500.000 homeless people. The load imposed on public finance by the 1999 earthquake was approximately 6.2 billion USD. Even the optimistic numbers for the expected earthquake for Istanbul reveal that 1–3 million people may be affected and 40.000–6.,000 buildings may be heavily damaged, leaving at least 500,000 people homeless.

Hence, the proposed approach is applied to disaster response DCs' site selection considering the expected earthquake in Istanbul, Turkey.

Chapter 1 explains the main goal and scope of the study. Additionally the importance of the disaster center location selection in humanitarian logistics is emphasized.

Literature review on humanitarian logistics and distribution center location selection are introduced in Chapter 2. Initially the studies on the humanitarian logistics are clasified in terms of their disaster management phase and used methodology. Then, the crieria used for the location selection of main and local distribution centers are examined seperately.

Chapter 3 includes the methodology that is used in this study. It gives basic information on covering problmes, multi objective mathematical models. Additinally, it gives information about some multi-criteria decision making methods such as Analytic Hierarchy Process, TOPSIS, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Fuzzy TOPSIS, Interval Type-2 Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS.

In Chapter 4, new decision support model for the disaster response operations is introduced. The proposed model selects the locaitons of main and local disaster distribution centers and has mainly four steps. First step is selecting the distribution center location selection criteria for main and local distribution centers seperately. The second and third steps are specifying the weights of the selected criteria and prioritizing the distribution centers in terms of the criteria, respectively. Finally the last step is multiobjective mathematical model that handles real life situations where main and local distribution center location decisions are given simultaneously. The proposed mathematical model has six objectives. The first objective minimizes total distance among demand points, main and local distribution centers. The second objective maximizes the performance scores of the selected/opened distribution centers. The third objective minimizes the total unsatisfied demand. The fourth and fifth objectives aims minimizing the opened local and main distribution centers, respectively. Finally the sixth objective minimizes average walking distance among demand points and their assigned local distribution center.

In Chapter 5, the proposed methodology is applied in Istanbul city, where a high-magnitude earthquake is expected. The expert opinions are used while determening of the distribution center selection criteria and weightning the selected criteria. Then the canddate distriburion centers are determined with the help of real life applications and experts'opinion.

In Chapter 6 the model applied for three possible scenarios in Istanbul city. Sensitivity analysis are conducted for all three scenarios as well. Decision maker preferences on the objectives and parameters changes are taken into account and specific parameters and their effects on the results are given in detail.

Chapter 7 gives the details of the conclusions of the study. The proposed model can be used for the cities other than İstanbul as well. Then the chapter is finalized by specifying the improvement possibilities of proposed method for future studies. Different mathematical models and multicriteria decision making methods can be combined and the results can be compared. Although this study focuses on the earthquake, proposed model can be used for other natural disasters as well.



1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin yardımıyla birçok problemin eskiye oranla daha rahat çözülebilmesine karşın, doğal ve insan kaynaklı felaketlerin yıkıcı sonuçları ile başa çıkmada hala yetersiz kaldığı görülmektedir. Uluslararası Afet Veritabanı (EM-DAT) verilerine göre sadece 2019 yılında doğal afetler nedeniyle tüm dünyada hayatını kaybeden kişi sayısı 24.143 olup bu afetlerden etkilenen kişi sayısı ise 105 milyondan fazladır. Ayrıca 2000 - 2019 yılları arasında yaşanan afetler nedeniyle dünyada 1,23 milyon insan hayatını kaybetmiş, 4 milyardan fazla insan bu felaketlerden etkilenmiş ve tahmini olarak 2,97 trilyon \$'dan fazla ekonomik zarar oluşmuştur. Çizelge 1.1'de 2000-2019 yıllarının arasında en fazla can kaybına sebep olan afetler ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Çizelge 1.1 : 2000-2019 yıllarının arasında en fazla can kaybına sebep olan afetler, public.emdat.be'den uyarlanmıştır.

Afet Türü	Etkilenen Bölge	Yıl	Can Kaybı
Deprem & tsunami	Hint okyanusu	2004	226.408
Deprem	Haiti	2010	222.570
Fırtına	Myanmar	2008	138.366
Deprem	Çin	2008	87.476
Deprem	Pakistan	2005	73.338
Sıcaklık dalgası	Avrupa	2003	72.210
Sıcaklık dalgası	Rusya	2010	55.736
Deprem	İran	2003	26.716
Deprem	Hindistan	2001	20.005
Kuraklık	Somali	2010	20.000

Doğal afetlerin; sosyal, ekonomik ve politik boyutları söz konusudur. Ülke ve bölge ekonomilerine zarar veren afetler, insanlar üzerinde de sosyal ve psikolojik açıdan olumsuz etkiler yaratmaktadır. Doğal afetlerin çeşitleri ve önem sıraları ülkeden ülkeye de değişmekle birlikte, milyonlarca insanın ölümüne neden olan bu doğa olayları, günümüzde başta küresel iklim değişimi ve uygun olmayan yapılaşma olmak üzere farklı nedenlerden dolayı şiddetleri, sayıları ve etkili oldukları süreler hızla ve katlanarak artmaktadır (Tanyaş ve diğ., 2013)

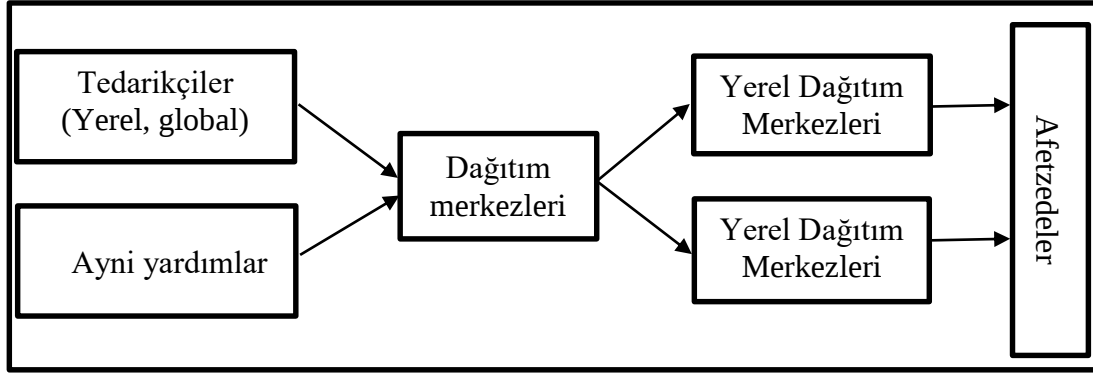
Acil durum; sağlık, yaşam, mal veya evre ile ilgili herhangi bir řeyi hızlı bir şekilde riske atan bir durumdur. Afet ise, bir sistem veya topluluğun normal işlevlerini bozarak insan ve evre üzerinde gl bir etkiye neden olan ve yerel yardım kapasitesinin üzerinde olan bir durum olarak tanımlanmaktadır (Ortuńo ve diđ., 2013). Afetler, doğal ve insan kaynaklı olarak ikiye ayrılmaktadır. Dođal afetler; fırtına, deprem, volkanik aktiviteler, kıtlık gibi dođa olaylarının doğrudan veya dolaylı etkilerinden oluşmaktadır. İnsan kaynaklı afetler ise kasıtlı olsun veya olmasın insan faaliyetlerinin sonucudur. Savař, terör saldırıları ve endüstri kazaları bu tür afetlere örnek olarak verilebilir. Her iki afet türü de ölüm, yaralanma, ev ve altyapıların çökmesi gibi sorunların yanında g, işsizlik, günlük ve endüstriyel faaliyetlerin aksaması gibi sosyoekonomik problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle problemi önleyici ve afetin yaratacağı tahribatı hızlı bir şekilde iyileştirici çalışmalar yapılması çok önemlidir (Nikbakhsh ve Farahani, 2011). Felaket ise oldukça büyük çaplı afet olarak tariflenmektedir (Ortuńo ve diđ., 2013). Felaket, toplumun inřa ettiği yapıların tümünü veya çoğunu çok şiddetli olarak etkilemekte ve yerel yetkililer ile acil durum organizasyonları görevlerini yerine getirememektedir. Yakın topluluklardan yardım alınamaz, günlük işler yerine getirilemez ve büyük gler meydana gelir. Japonya’da meydana gelen Tohoku Tsunami’sinin Minami Sanriku kasabasında yarattığı etki ve Port-au-Prince (Haiti) depremi yaşanan felaketlere örnek olarak verilebilir (Holguín-Veras ve diđ, 2012).

Bir afetten zarar gören savunmasız kişilerin zararlarını hafifletmek ve ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, kaynak merkezinden ihtiyaç sahiplerine ulaşımına kadar, ürünlerin mali açıdan etkili akışının, konuyla ilişkili bilgilerle birlikte materyal ve ürünlerin depolanmasının etkin bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolüne insani yardım lojistiği adı verilir (Fritz Institute, 2004). İnsani yardım lojistiği, yardım operasyonlarının hızı ve etkinliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu lojistik sistemleri genellikle yiyecek, su, ilaç vb. rnlerin yanında insan, makine ve ekipman gibi kaynakların temini, depolanması ve taşınması için gereklidir. Afet yardım faaliyetlerinin mali açıdan yaklaşık %80’ini insani yardım lojistiği oluşturmaktadır. Örneğin, 2008 yılında Çin’de yaşanan Wenchuan depreminde, 6 adet kargo taşıma uçağı ve 19 helikopter 24 saat içinde bölgeye gönderilmiş, yaklaşık 5800 askeri sağlık ve kurtarma personeli ile 150 ton yardım malzemesi afet bölgesine ulaştırılmıştır (Nikbakhsh ve Farahani, 2011).

1.1 Tezin Anlam ve Önemi

Afet yönetimi; afetin etkilerini azaltmak veya önlemek için afet öncesinde, sırasında ve sonrasında uygulanmak için tasarlanmış sistemler bütünü olarak tanımlanmaktadır (Nikbakhsh ve Farahani, 2011) ve yazında genel olarak, afet öncesi ve sonrası olarak ikiye ayrılmaktadır. Afet öncesi görevler; potansiyel tehlikeleri belirlemek, analiz etmek ve olası hasarı azaltmak için gerekli faaliyet planlarının yapılmasıdır. Afet sonrası çalışmalar ise, afet hala devam etmekteyken başlamaktadır. Bu aşamada yer seçimi, tekrar yer seçimi, koordinasyon ve ulaşılabilen kaynakların yönetimi görevleri söz konusudur (Altay ve Green, 2006). Afet öncesi aşamanın en önemli konularından biri de afet yardım operasyonlarında kullanılacak dağıtım merkezlerinin yer seçimidir. İnsani yardım organizasyonları genellikle gerekli yardım malzemelerini ve ekipmanlarını afet öncesinde ana dağıtım merkezlerinde depolar. Bir afetin yaşanmasının ardından, ilaç, su, yiyecek gibi depolanan malzemeler afetzedelere geçici dağıtım depoları aracılığı ile ulaştırılır. Afet durumunda bu yardımların ulaştırılması hayati önem taşıdığından, bu lojistik ağda kullanılacak dağıtım merkezlerinin yer seçimi de kritik bir öneme sahiptir ve hem afet öncesi hem de afet sonrası operasyonların verimlilik ve etkinliği üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır (Boonmee ve diğ., 2017).

Afet yönetiminde yer seçimi; su, yiyecek, medikal malzeme, ekipman ve diğer ihtiyaç duyulan insani yardım malzemelerinin dağıtımını sağlayan bir ağ tasarlanmasını amaçlamaktadır. Afetten etkilenen bölgede gerekli olan yardım merkezlerinin sayısı, konumu ve görevinin belirlenmesi işlemlerini içermektedir (Barzinpour ve diğ., 2014). Afet yönetiminde yer belirlemesi yapılacak tesisler genellikle dağıtım merkezleri/depolar ve barınaklardır. Ayrıca medikal merkezler ve diğer istenen tesisler de yer seçimi modellerine dahil edilebilir. Bu tez çalışmasında, olası bir deprem durumunda yardım malzemelerinin taşınmasında kullanılacak ana ve geçici dağıtım merkezlerinin yer seçimine odaklanılmıştır. Ana dağıtım merkezleri (ADM) afet yardım malzemelerinin tedarik ve koordinasyon merkezi olarak görev almakta olup ürünlerin buradan geçici dağıtım merkezlerine (GDM) gönderildiği kabul edilmiştir. Afet operasyonları için yardım dağıtım zinciri Şekil 1.1’de verilmiştir (Balcık ve diğ., 2010).



Şekil 1.1: Afet yardım dağıtım zinciri (Balcık ve diğ., 2010'dan uyarlanmıştır).

Bir ana dağıtım merkezi (ADM) önceden konumlandırma, depolama ve tasnif işlemlerinin yapıldığı kalıcı depodur. Diğer bir deyişle, afet öncesinde de var olan ve kullanılan tesisler olmakla birlikte genellikle afetten etkilenmedikleri ve hasar görmedikleri kabul edilir. Geçici dağıtım merkezleri (GDM) ise afet yardım malzemelerinin doğrudan afetzedelere dağıtıldığı ve genellikle afetten etkilenen bölge içerisinde, afet sonrasında ve geçici olarak inşa edilen veya bu amaçla kullanılan tesislerdir. Bu nedenle ADM ve GDM'lerin farklı özellikleri ve görevleri vardır ve yer seçimi kararı alınırken de farklı kriterler göz önünde bulundurulmaktadır. Ayrıca sadece yer seçiminin uzaklık olarak optimize edilmesi değil, aynı zamanda karar vericilerin ve/veya uzmanların lojistik işlemleri için etkin bir şekilde kullanıp yönetebileceği bir dağıtım merkezi (DM) seçilmesi de beklenmektedir (Boonmee ve diğ., 2017). Gerçek hayatta var olan ve afet planları için önerilen DM alternatiflerinin farklı bir tesis yapısı ve özelliği bulunmaktadır. Aday tesislerin veya alanların yerleri ve/veya sahip olduğu altyapı, karar vericilerin istedikleri kriterleri farklı oranlarda karşılamaktadır. Örneğin bir okul ve bir soğuk hava deposu GDM olarak kullanılabilir; ancak bir soğuk hava deposu, yiyecek ve ilaç gibi malzemelerin korunması ve tüm malzemelerin depolanması için daha uygun koşullara ve altyapıya sahiptir. Ayrıca, duvarlarla çevrilmiş, güvenlik kamerası, kapalı devre televizyon sistemi ve yangın alarmı gibi donanımları bulunan bir DM de afet sonrası oluşabilecek yağma gibi olaylardan korunma sağlayacağından bu özellikleri olmayan bir DM'e kıyasla tercih edilecektir. Bu nedenle, DM'lerin önceliklendirilmesi her alternatifin niteliksel ve niceliksel kriterler açısından değerlendirilmesini sağladığından önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında afetten etkilenen kişilere ulaştırılacak yardım malzemelerinin depolandığı ve sınıflandırma işlemlerinin yapıldığı ADM ve afetzedelerin ürünleri teslim alacağı GDM'lerin yer seçimi için bir model kurulması amaçlanmaktadır. Bu

amaçla, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) modeli ve Karma Tam sayılı Matematiksel Modelin kullanıldığı iki aşamalı bir yapı oluşturulmuştur. ÇKKV modelinde, temel olarak ADM ve GDM'ler için hem niteliksel hem de niceliksel açıdan kriterler ayrı olarak belirlenmiş ve ÇKKV modeli sonucunda her aday DM için istenen kriterleri ne kadar karşıladığını gösteren bir performans değeri hesaplanmıştır. İkinci aşamada ise çok amaçlı karma tam sayılı bir matematiksel model kurulmuştur. Bu modelde afet bölgesindeki talebin maksimum oranda karşılanması ve açılacak ADM ve GDM'lerin performans değerlerinin enbüyüklenmesinin yanında, ilgili yardım malzemelerinin afetzedelere ulaşım süresi ile açılacak GDM ve ADM sayılarının minimize edilmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte afetzedelerin GDM'lere olan yürüme uzaklığının da minimize edilmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda, bu tez çalışmasında önerilen model çok amaçlıdır ve ana dağıtım merkezleri ile geçici dağıtım merkezlerinin yerini aynı anda belirlenmektedir. Yazında bulunan matematiksel modellerde genel olarak sadece niceliksel kriterleri göz önünde bulundurduğundan bu tez çalışmasında önerilen model her DM alternatifinin hem niteliksel hem de niceliksel açıdan kıyaslanmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle, ADM ve GDM'lerin hem niteliksel hem de niceliksel kriter performanslarının birlikte değerlendirilmesi ve bunun bir yer seçim çalışmasında kullanılması açısından özgündür.

İstanbul şehri, yaklaşık 3000 yıllık geçmişi olan önemli bir sosyal, ekonomik ve jeopolitik merkezdir ve Türkiye'nin ekonomik ve kültürel başkentidir. Yaklaşık 15 milyonluk nüfusu bulunan şehir, kırsal alanlardan göç eden insanların hedefi olmuş ve bunun sonucu olarak da bina ve diğer altyapı hizmetlerine ihtiyaç hızla artmıştır. İstanbul birçok farklı afet tehlikesi ile karşı karşıya olmakla birlikte, etki ve zararlar açısından en önemli doğal afetin deprem tehlikesi olduğu söylenebilir (Tanyaş ve diğ., 2013). Şehrin yaklaşık 20 km güneyinde yer alan ve son derece yüksek sismik tehlike riski olan aktif bir fay bölgesi bulunmaktadır (Le Pichon ve diğ., 2001). İstanbul'u etkileyen son büyük afet ise yaklaşık 20.000 can kaybına sebep olan ve yaklaşık 500.000 kişiyi etkileyen 1999 depremidir (Salman ve Yucel, 2015). Bu depremin ekonomik maliyeti ise yaklaşık 6,2 milyon \$ olarak belirlenmiştir (Erdik ve Durukal, 2008). Bununla birlikte, yakın gelecekte İstanbul'u etkilemesi beklenen depremin ise yaklaşık 1 - 3 milyon kişiyi etkilemesi, 40.000 - 60.000 binada ağır hasar yaratması ve en az 500.000 kişiyi evsiz bırakması beklenmektedir. Tahmini ekonomik hasar ise

60-70 milyar \$'dır. Bu nedenle yakın gelecekte bu seviyede ağır etkiler yaratacak bir deprem beklenen İstanbul şehri için, olası afetin etkilerini azaltma ve önleme çalışmalarının yapılması gerektiği açıktır.

İstanbul afet senaryoları içerisinde, en çok çalışılan konunun deprem senaryolarıdır. Bu senaryoların çok detaylı olmasına karşılık neredeyse tamamında 2002 verilerini kullandığı için İstanbul'da son dönemde yapılan üst geçit, tünel, yol, köprü, gibi altyapı iyileştirmeleri ile kentsel dönüşümün yarattığı iyileştirmeler gösterilmemektedir. Bununla birlikte, son yıllarda açılan plazalar, büyük alışveriş merkezleri ve iş yerleri ile özellikle olası deprem sonrasında yaşanabilecek güvenlik sorunlarını dikkate almamaktadır (Tanyaş ve diğ., 2013). Bu amaçla, bu tez çalışmasında önerilen DM yer seçimi modelinin İstanbul şehri için uygulama çalışması yapılmıştır. Uygulamada yılında İBB tarafından 2020 yılında hazırlanan Olası Deprem Kayıp Tahminleri kitapçıklarında verilen güncel veriler ile en kötümser senaryo olarak da kabul edilen gece nüfusu senaryosu ile İstanbul'da meydana gelecek olası deprem için DM yer seçimi uygulaması yapılmıştır. Olası deprem sonrası gerçekleşebilecek farklı senaryolar göz önünde bulundurularak detaylı analizler yapılmıştır.

1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı

Ticari lojistik; genel olarak üretim, dağıtım ve geri dönüşüm süreçlerinin farklı yönlerinin optimizasyonu ile ilgilenir ve genel olarak amaç, ulaşım veya lojistik maliyetini minimize etmektir. Taşıma ise firma tedarikçilerinden firma müşterilerine doğru bir akışı içermektedir ve taşınacak ürünün özellikleri ve talebi bilinmektedir. Daha önceden kurulmuş olan bir karar verme yöntemi mevcuttur. Lojistik sistemler, rutin olarak yüksek hacimli ürünleri taşıyabilir ve lojistik faaliyetlerden sorumlu ağlar bozulmamıştır. Ayrıca tüm bu faaliyetler destek sistemler aracılığıyla gerçekleşir. Buna karşılık insani yardım lojistiği, afet yönetiminin herhangi bir aşamasındaki geniş bir faaliyet alanını kapsamaktadır. Bununla birlikte afet sonrası kısa dönemde yapılacak lojistik faaliyetleri kaotik bir ortamda gerçekleştirilecek ve aciliyeti çok yüksek olacaktır. Uzun dönemdeki faaliyetler ise daha durağan durumda ve aciliyeti biraz daha düşük seviyede olacaktır. Bununla birlikte yardım ürünlerinin yanında insan kaynağı ve donanım ihtiyaçlarının da ulaşımı planlanmalıdır. İnsani yardım lojistiğinde kişilere zamanında ihtiyaçlarını ulaştırmak hayat kurtarıcı olduğundan operasyonel etkinlik çok önemlidir (Holguín-Veras ve diğ., 2012).

İnsani yardım lojistiğinde; afetin yeri, zamanı ve büyüklüğünün bilinmemesi nedeniyle tam olarak ihtiyaç duyulan yardım miktarı bilinmemektedir. Dolayısıyla talebin belirsizliği oldukça yüksektir ve aniden ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında amaç karı arttırmak veya maliyeti azaltmak değil, yardım malzemelerini yeterli sayıda ve hızlı olarak ihtiyaç sahiplerine ulaştırmaktır. Devlet, yardım organizasyonları, bağışçılar ve afetten etkilenen kişileri içeren farklı paydaşları bulunmaktadır ve genellikle bunlar arasında bir koordinasyon eksikliği bulunmaktadır (Nikbakhsh ve Farahani, 2011). Ayrıca etkinlik ve ihtiyaç sahiplerinin eşit hizmet alması da en önemli noktalardan biridir. Çizelge 1.2’de insani yardım lojistiği ile ticari lojistik arasındaki temel farklar verilmiştir.

Çizelge 1.2 : Afetlerin tedarik ve ihtiyaçlara etkisi, Holguín-Veras ve diğ. (2012)’den uyarlanmıştır.

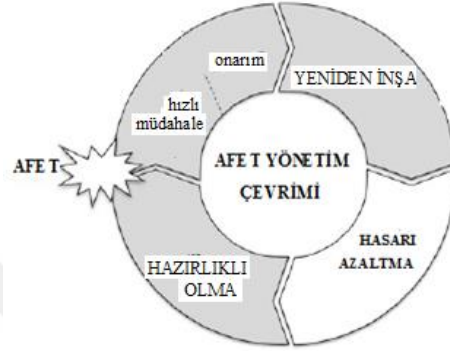
Karakteristik	Ticari Lojistik	İnsani Yardım Lojistiği
Amaç	Lojistik maliyetlerin minimizasyonu	Sosyal maliyetin (lojistik + karşılanmayan talep) minimizasyonu
Ürün akışının kaynağı	Kendine yeten	Kendine yeten
Talep bilgisi	Belirli bir kesinlikte bilinir	Belirli bir kesinlikte bilinir
Karar verme yapısı	Etkileşimlerin yapısı birkaç karar verici tarafından kontrol edilir	Etkileşimlerin yapısı birkaç karar verici tarafından kontrol edilir
Periyodiklik/ Lojistik aktivitelerin hacmi	Tekrarlayan, göreceli düzgün akışlar, geniş hacim	Tekrarlayan, göreceli düzgün akışlar, geniş hacim
Sosyal ağların durumu	Normal, olağan	Stres altında ama sabit
Destekleyici sistemler (ör: Ulaşım)	Stabil ve fonksiyonel	Riskli ancak neredeyse sabit ve fonksiyonel

İnsani yardım lojistiğini ticari lojistikten daha karmaşık hale getiren durumları, Balcik ve Beamon (2008) aşağıda verildiği şekilde sıralamıştır:

1. İlave belirsizlikler (güvenlik konuları, değişen tesis kapasiteleri, talep belirsizlikleri)
2. Karmaşık iletişim ve koordinasyon (iletişim hatlarının zarar görmesi, üçüncü kuruluşlar, devleti ve sivilleri içeren yapı, gerçek zamanlı ve kesin talep bilgisine ulaşamaması)
3. Etkin ve zamanında ürün teslimin zor olması

4. Sınırlı kaynakların afetin boyutu nedeniyle zarar görmesi (ürün, insan, ulaşım kapasitesi, yakıt).

Afet yönetim çevrimi Şekil 1.2’de verilmiştir. Green (2002) afet yönetimini; olası hasarı azaltma, hazırlıklı olma, müdahale etme ve yeniden inşa olmak üzere 4 aşamaya ayırmıştır. Olası hasarı azaltma ve hazırlıklı olma evreleri afet öncesi, müdahale etme ve yeniden inşa ise afet sonrası yapılması gereken çalışmalardır.



Şekil 1.2 : Afet yönetim çevrimi, Cozzolino (2012)’den uyarlanmıştır.

Hasarı azaltma çalışmaları, afetin ilk etkilerini önlemek veya azaltmak için yapılan çalışmaları kapsamaktadır (Altay ve Green, 2006). Bu aşamadaki uzun vadeli planlama ve yatırımlarla afetlerin daha büyük çaplı felaketlere dönüşmelerini engellenmeye çalışılmaktadır. Hasarı azaltma, afet etkilerine karşı en etkili ve önemli aşamadır. Var olan binaların güçlendirilmesi, sellere karşı su seti çekilmesi, arazi kullanımlarının planlanması, binaların sigortalanması gibi faaliyetler bu aşama çalışmalarına örnek olarak verilebilir (Nikbakhsh ve Farahani, 2011)

Hazırlıklı olma aşaması, bir afet meydana geldiğinde, toplumu buna müdahale etmeye hazırlamaktır (Altay ve Green, 2006). Meydana gelebilecek farklı senaryolara göre planlar ve çözümler üretilir. Bu aşamanın amacı, afete müdahale etmek için geliştirilen çalışmaların bir bütün olarak değerlendirilmesi ve olası afetin ağır sonuçlarının önüne geçilmesidir. Bunun yanında geçmiş tecrübeler ile yeni ortaya çıkan zorluklar bir araya getirilerek yeni stratejiler geliştirilir (Cozzolino, 2012).

Afete müdahale etme aşaması; hayat kurtarmak, malları, çevreyi ve toplumun sosyal, ekonomik ve politik yapısının korunması için acil durum prosedürlerinin ve kaynakların kullanılması olarak tanımlanabilir. Bununla birlikte bu faaliyetlerin çok ciddi zaman kısıtı altında yürütülecek olması, yüksek belirsizlik içermesi ve sürece pek çok paydaşın dâhil olması nedeniyle karmaşık bir yapıya sahiptir. Belirsizlik ve

zaman baskısı altında çok sayıda beklenmeyen yeni durumun ortaya çıkabilecek olması ve farklı özerk kurumların birlikte çalışmasının gerekliliği de bu aşamada yaşanacak problemlerin zorluğunu daha da arttırmaktadır (Ortuño ve diğ., 2013). Cozzolino ve diğ. (2011), bu aşamayı amaçlarına göre ikiye ayırmıştır. Bunlar; ilgili tüm kurum ve kuruluşların bir araya getirilip harekete geçirildiği hızlı müdahale etme evresi ve mümkün olan en hızlı sürede ana hizmetlerin onarılarak gerekli ürünlerin ve hizmetlerin en yüksek sayıdaki ihtiyaç sahibine ulaştırıldığı onarım evresidir.

Yeniden inşa aşaması, afet sonrasında toplumun eski haline geri dönmesi için yapılan kısa ve uzun dönem çalışmalar bütünüdür (Galindo ve Batta, 2013). Bu aşamada afetten etkilenen kişilerin ikincil ihtiyaçlarının karşılanmaktadır. Evlerin ve şehirdeki tesislerinin yeniden inşa edilmesi bu ihtiyaçlara örnek olarak verilebilir (Nikbakhsh ve Farahani, 2011).

Bu tez çalışmasının afete hazırlık ve müdahale olmak üzere afet öncesi ve sonrası aşamaları kapsamı hedeflenmektedir. Bu bağlamda afetten etkilenen kişilere gönderilecek malzemelerin depolandığı ADM'ler ile afetin gerçekleşmesinin ardından afet bölgesinde kurulacak GDM'lerin yer seçimi için bir model kurulması amaçlanmıştır. Bu bağlamda yazında ADM ve GDM yer seçimi için kullanılan kriterler her iki tür DM için de ayrı olarak belirlenmiştir. Ardından Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve İstanbul Valiliği'nden yetkilileri ile görüşülerek uygulamadaki afet öncesi hazırlıklar ve afet sonrası planlarla ilgili bilgi alınarak, yazından elde edilen kriterler revize edilmiştir. Bu düzenlemenin ardından ise çok kriterli karar modelinde ve çok amaçlı matematiksel modelde kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Bu çalışmada, Aralık Bulanık Tip-2 AHS ve TOPSIS'ten oluşan çok kriterli karar verme modeli ile her aday ADM ve GDM noktasının performans değeri belirlenmiş olup daha sonra bu değerler çok amaçlı programlama modelinde kullanılmıştır. Önerilen matematiksel model ise çok amaçlıdır. Afet bölgesindeki talebin maksimum miktarda karşılanmasının yanında, ADM, GDM ve afetzedeler arasındaki ağırlıklı uzaklık, afetzedelerin GDM'lere olan ortalama uzaklığı ile açılacak ADM ve GDM sayılarının minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Bununla birlikte açılan ADM ve GDM'lerin istenen performans kriterlerini maksimum oranda karşılaması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda önerilen modelin yakın bir gelecekte büyük çapta bir depremin beklendiği İstanbul ili için bir uygulaması yapılmış ve olası senaryolar belirlenerek model sonuçları farklı senaryolar için analiz edilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, insani yardım lojistiği ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar, odaklanılan afet yönetim aşamasına ve çalışmalarda kullanılan modellere göre sınıflandırılmaktadır. Ardından ADM ve GDM yer seçimi ile ilgilenen çalışmalarda kullanılan kriter ve amaçlar detaylı olarak incelenmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, öncelikle bu çalışmada kullanılan kapsama temelli matematiksel modeller hakkında genel bilgiler verilmektedir. Ardından çok kriterli karar verme teknikleri ile bunların alt dalı olan çok amaçlı ve çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile aralarındaki farklılıklara değinilmektedir.

Dördüncü bölümde, DM yer seçimi için önerilen yöntem sunulmaktadır. Önerilen yöntem, çok ölçütlü ve çok amaçlı karar verme modelinin birleşmesinden oluşmaktadır. Bu nedenle öncelikle, çok ölçütlü karar verme modelinde ADM ve GDM yer seçimi için ayrı karar hiyerarşileri oluşturulmakta, ardından burada kullanılan kriterlerin ağırlıkları belirlenmekte ve daha sonra, her aday DM noktasının performans değerleri belirlenmektedir. Son olarak ise bu performans değerleri çok amaçlı karma tam sayılı matematiksel modele eklenmekte ve model çözümü ile DM'lerin yer seçimleri yapılmaktadır.

Çalışmanın beşinci bölümünde önerilen modelin İstanbul uygulaması yer almaktadır. Bu bölümde öncelikle İstanbul ilinde uygulama yapılmasının nedeni ve önemi sunulmuş, ardından sunulan yöntemde kullanılan verilerin nasıl elde edildiğinden bahsedilmekte ve uygulama adımları verilmektedir.

Çalışmanın altıncı bölümünde ise İstanbul uygulaması için oluşturulan senaryo analizleri sunulmaktadır. Oluşturulan üç farklı senaryo için yapılan parametre ve duyarlılık analizleri, karar vericilerin kullanabileceği parametre önerileri detayları ile verilmektedir.

Yedinci bölümde ise, çalışmanın uygulamasından elde edilen sonuçlar tartışılmaktadır. Ayrıca mevcut çalışmanın varsayım ve limitasyonları ile gelecek çalışmalarda mevcut modelin nasıl geliştirilebileceği konusunda öneriler sunulmaktadır.

2. YAZIN TARAMASI

Bu bölümde öncelikle insani yardım lojistiğinde yapılan çalışmalar incelenerek odaklanılan afet yönetim çevrim aşamasına ve kullanılan yöntemlere göre sınıflandırılmıştır. Ardından insani yardım lojistiği dağıtım merkezi yer seçimi ile ilgili çalışmalar incelenmiş olup kullanılan kriterler dağıtım merkezi türüne göre analiz edilmiştir.

2.1 İnsani Yardım Lojistiği Yazın Taraması

Bu tez çalışması kapsamında, insani yardım lojistiği ile ilgili 123 adet makale incelenmiş ve bu çalışmalar kullanılan model türüne, çalışmanın odaklandığı afet yönetim çevrim aşamasına, araştırmanın teorik ve/veya uygulama olmasına göre sınıflandırılmıştır.

2.1.1 Odaklanılan afet yönetim aşamasına göre çalışmaların sınıflandırılması

İncelenen çalışmalar arasında 27 adet makale hasarı hafifletme aşamasına yöneliktir. Huang ve diğ. (2012), sistem analizi ve tasarım tekniklerini kullanarak, insani yardım organizasyonlar arasında daha etkili bir iş birliğinin kurulmasını amaçlamışlar ve aynı zamanda askeri ve sivil organizasyonların ortaklık değerlendirme kriterleri ile ilgili deneysel karşılaştırmalar yapmışlardır. Balcik ve diğ. (2010), insani yardım zincirlerinin koordinasyonundaki zorluklar ile afet yardım çalışmalarında mevcutta bulunan ve yeni ortaya çıkan koordinasyon çalışmalarını tanımlanmışlardır. Ayrıca bu çalışmada, tedarik zinciri koordinasyon mekanizmalarını incelenmiş ve yardım çevrelerine uyumluluğu değerlendirilmiştir. Holguín-Veras ve diğ. (2012) afet sonrası insani yardım lojistiğinin özelliklerini ve yine 2012 yılında yaptıkları diğer bir çalışmada Haiti depreminden sonra uygulanan insani yardım lojistiği yapılarının performanslarını analiz etmişlerdir. Tekrar aynı yazarlar 2013 yılında afet sonrası insani yardım lojistik modellerinde amaç fonksiyonu olarak, lojistik ve elde bulunmama maliyetinin toplamından oluşan bir sosyal maliyetin tercih edilmesini önermişlerdir. Morrison ve Oladunjouye (2013), üretim işletmelerinde olası bir doğal

afet için yapılmış hazırlık çalışmaları ile ilgili yöneticilerin duruşunu araştırmıştır. Martinez ve diğ. (2011), dört büyük insani yardım organizasyonunun araç filosu yönetim tekniklerini inceleyerek bu alandaki durumu incelemişlerdir. Tatham ve Kovacs (2010), hızlı gelişen felaketlerdeki yardım operasyonlarının geliştirilmesi için acil olarak geliştirilen ağılardaki güvenin daha iyi anlaşılması ve oluşturulması için bir model önermişler ve güven inşasındaki potansiyel kolaylaştırıcı etkenleri incelemişlerdir. Gatignon ve diğ. (2010), optimal bir tedarik zincirinin nasıl tasarlanacağı üzerine bir çalışma yapmış ve Uluslararası Kızılağaç Federasyonu'nun merkezi olmayan bir tedarik zinciri süreç çalışması uygulamasını analiz etmişlerdir. Rodríguez ve diğ. (2010), devletle bağlantılı olmayan sivil insani yardım organizasyonlarının doğal afetlere müdahalesine yardım etmek için bir karar destek modeli önermişlerdir. Roh ve diğ. (2013), afete müdahale için kullanılacak stokların önceden bulundurulacağı depoların seçimindeki kritik faktörlerin belirlenmesi için bir karar destek modeli önermişlerdir. Bastos ve diğ. (2014), afet müdahale işlemlerine uygulanan lojistik kavramları ve çeşitli durumlarda uygulanan yöntemleri değerlendirmiştir. De la Torre ve diğ. (2012) afet yardım rotalamasında yapılan çalışmaları ve insani yardım organizasyonlarınca uygulamada ihtiyaç duyulan konuları inceleyerek akademik ve gerçek hayat çalışmalarını birleştirmişlerdir. Kunz ve diğ. (2014) farklı afet müdahale stratejilerini sistem dinamik modelleme yaklaşımıyla kıyaslamış ve hangi durumlarda daha iyi sonuç verdiğini analiz etmişlerdir. Kaynak ve Tuger (2014), afet koordinasyon operasyonlarındaki iş birliğini oluşturan grupları analiz etmişlerdir. Caunhye ve diğ. (2012) acil durum lojistiğinde kullanılan optimizasyon modellerini incelemiş ve gelecek çalışmalara ışık tutmaya çalışmıştır. İvgin (2013) tesis yeri seçimi ve afet yardım lojistiği, afet riski azaltma ile stokastik tam sayılı programlama modellerini içeren bir yazın taraması yapmıştır. Zhou ve diğ. (2011), acil durum yönetiminin etkinliğini belirleyen faktörleri ve bu faktörler arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Ergun ve diğ. (2010), afet sonrası müdahalede çok iyi olduğu bilinen ABD'li bir restoran zincirinin afet müdahale stratejilerini ve yöntemlerini vaka çalışması olarak incelemişlerdir. Heaslip ve diğ. (2012), sistem analizi ve tasarım teknikleri kullanarak, sivil ve askeri güçler arasında insani yardım faaliyetlerinde daha etkili bir iş birliği kurulmasını amaçlayan bir çalışma yapmıştır. Costa ve diğ. (2012), dört büyük uluslararası felaketin acil durum yardım dağıtımı için geliştirilen lojistik yöntemlerini analizi etmiş ve insani operasyonlar tanımlandığında tedarik zinciri dağıtım süreci için modelin benzer

olaylarda hızlı yanıt vermesini sağlayabilecek bazı temel tavsiyeler vermişlerdir. Coles ve diğ. (2012), depreme müdahale eden kuruluşlar arasındaki iletişim, koordinasyon, ortak anlayış ve iş birliği kavramlarını araştırmış ve bu kuruluşların koordinasyonu için yeni bir bakış açısı kazandırmayı hedeflemiştir. Collins (2013), afet risk azaltım ilkeleri ve çevresel değişim kaynaklı göçlerin uygulama mekanizmalarıyla ilgili çalışmaları analiz etmiştir. Massei ve diğ. (2014) insani krizlerde, farklı faktörlerdeki ve farklı kriz senaryolarındaki ilişkileri göz önüne alabilen bir benzetim çalışması yapmıştır. Celik ve Gumus (2016) afet yardım organizasyonlarının hazırlık ve müdahale performanslarını değerlendirmek için melez bir yöntem önermiş ve model uygulaması olarak Türkiye’deki afet yardım organizasyonlarının değerlendirilmesini yapmıştır. Moroto ve diğ. (2018), Bangladeş’te görev alan sivil toplum örgütlerinin mekânsal dağılımlarını incelemiş ve proje bölgelerine ilişkin kararları etkileyen faktörleri ortaya koymuştur. Gutjahr ve Nolz (2016), yazında insani krizlerin ve afetlerin yönetiminde kullanılan çok kriterli optimizasyon çalışmalarını incelemişlerdir.

İlgili çalışmaların 32’si ise afete hazırlık aşamasına yöneliktir. Galindo ve Batta (2013), olası kasırga sonrasında gerekli ürünlerin kasırga öncesi konumlandırılmasında kullanılacak bir model geliştirmişlerdir. Lin ve diğ. (2012), daha önce kurulmuş olan bir insani yardım modelinin, bir senaryo uygulamasını simülasyon çalışması ile yapmışlardır. 1994 Northridge depreminin benzetimi yapılmış ve yardım faaliyetleri için gerekli girdiler tanımlanmıştır. Yi ve Zhu (2014), kimyasal felaketlerle mücadelede benzetim ve yayılma modellerinin önemini vurgulamışlardır. Falasca ve Zobel (2012), insani yardım kuruluşlarında çalışan gönüllülerin var olan görevlere atanmasında, diğer bir deyişle gönüllülerin yönetilmesinde kullanılacak bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Wex ve diğ. (2014) doğal afet sonrası oluşturulacak kurtarma birimlerinin atanması ve çizelgelenmesiyle ilgili bir karar destek modeli geliştirmişlerdir. Liang ve diğ. (2012), afet sonrası müdahale malzeme yönetiminin etkinliğini ve performansını arttırmak için yeni bir seçenek kontrat mekanizması geliştirmişlerdir. Roh ve diğ. (2015) afet sonrası kullanılacak depoların konumlandırılmasını hem makro (bölge ve ülke bazında), hem mikro (hızlı yer seçimi) açılardan incelenmektedir. Salmeron ve Apte (2010), insani yardım lojistiğinin afet öncesi, yardım ürünlerinin tedarik edilmesi ve konumlandırılması için gerekli bütçenin belirlenmesinde yol gösterici olacak iki

aşamalı bir stokastik model geliştirmişlerdir. Akgün ve diğ. (2015), bir talep noktasının yerel tesislerce hizmet görmeme riskini minimize eden bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. İlgili model, talep noktalarını destekleyecek güvenli bir tesis ağı oluşturan yerleri seçmeyi amaçlamaktadır. Hadiguna ve diğ. (2014), afet sonrası tahliye sırasında kullanılacak kamu tesislerinin fizibilitesini belirleyen bir karar destek sistemi oluşturmuşlardır. Jia ve diğ. (2007), geniş çaplı acil durumlarda tesis yeri seçimi için kullanılabilecek temel modelleri sınıflandırıp incelemiş ve belirli bir bölgeden elde edilen verileri bu modellerde kullanarak elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır. Görmez ve diğ. (2011), İstanbul'daki afet yanıt ve yardım depolarının yerlerinin belirlenmesi problemini ele almışlardır. Verma ve Gaukler (2015), afet yardım deposunun bulunduğu ve çevresinde gerçekleşen bir afet olabilecek olması düşünülerek iki adet yer seçim modeli geliştirmişlerdir. Kılıcı ve diğ. (2015), geçici barınak alanlarının seçimi için karma tam sayılı doğrusal programlama temelli bir yöntem geliştirmişlerdir. Canbolat ve Von Massow (2011), talep noktaları ile tesisler arasındaki maksimum doğrusal uzaklığın minimize edilmesi amaçlayan bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Bozkurt ve Duran (2012), doğal afetlerin önceden depo konumlandırma ağı genişleme planı üzerindeki etkilerini incelemiş ve dünyanın en büyük özel insani yardım organizasyonlarından birinde bir uygulama çalışması yapmıştır. Ye ve diğ. (2015), Çin acil durum depo yer seçimi problemini ele almışlardır. Abounacer ve diğ. (2014) insani yardım dağıtım merkezlerinin sayısı, durumu ve göreviyle birlikte yerinin belirlenmesi için çok amaçlı bir model geliştirmişlerdir. Lu (2013) tesis yerlerinin seçimi için yardım istasyonları arasındaki belirsiz taşıma süresi ve belirsiz talebi göz önüne alarak bir algoritma geliştirmiş ve çözümü için sezgisel algoritma kullanmıştır. Drezner ve diğ. (2006), yaralı toplanma noktalarının belirlenmesi için çok amaçlı bir model geliştirmişlerdir. Lassiter ve diğ. (2014), afet sonrasında insani yardım kuruluşlarında çalışacak olan gönüllülerin var olan işlere atanması için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Bozorgi-Amiri ve Asvadi (2015), afet yardım lojistik merkezlerinin yer seçimi için bir model geliştirmiş ve Tahran'da uygulaması gerçekleştirilmiştir. Gözaydın ve Can (2013) depremlere yönelik olarak kurulabilecek deprem yardım istasyonları için lojistik merkezi seçimi konusu ele almışlardır. Ebrahimi ve Modam (2016) acil durum servislerinin ve dağıtım merkezlerinin belirlenmesi için çok kriterli bir karar modeli önermiştir. Ayrıca belirlenen kriterlerle birlikte modelin Tahran şehri için uygulaması yapılmıştır. Rancourt ve diğ. (2015) Kenya'daki kuraklık nedeniyle yaşanan kıtlık probleminde

kullanılmak üzere taktiksel seviyede bir ağ planlama modeli geliştirmişlerdir. Model ile kuraklıktan etkilenen kişilere doğrudan dağıtım yapacak olan dağıtım merkezlerinin yeri belirlenmekte olup World Food Programme, Kenya Kızıl Haçı gibi farklı paydaşların varlığı da göz önüne alınmıştır. Gutjahr ve Dzibur (2016) afet yardım ürünleri dağıtım merkezlerinin yer problemi için bir model geliştirmişlerdir. Model ile kapasiteli dağıtım merkezlerinin yerleri toplam depo açılış maliyeti ve toplam kapsanmayan talep minimize edilerek belirlenmesinin yanında, afetzedelerin dağıtım merkezi seçimi de yapılmaktadır. Tugba Turgut ve diğ. (2011) afet lojistik merkez yer seçimi için AHS ve bulanık AHS olmak üzere 2 farklı karar modeli önermiş ve İstanbul için deneysel bir vaka çalışması yapmışlardır. Brito Jr. ve diğ. (2016), afet yardım ürünlerinin önceden konumlandırılması için stokastik optimizasyon modeli ve çok kriterli karar analizinden oluşan iki aşamalı bir yöntem önermiştir. Rahmani ve diğ. (2018), afet sonrası tesislerin zarar görme riskini göz önüne alarak ana ve yerel kurtarma merkezlerinin yer seçimi için bir model önermiştir. Zhang et al. (2013) afet yardım depo yeri seçimi için çok amaçlı bir matematiksel model önermektedir. Paul ve diğ. (2017), ABD’de geniş çaplı bir acil durum olduğunda devlet tarafından yerleri belirlenmiş olan afet yardım merkezlerinin yeniden yer seçimi için bir model önermiş ve mevcut durum ile model sonucunu karşılaştırmıştır. Li ve diğ. (2018), afet yardım ürünlerinin taşınmasında kullanılacak dağıtım noktalarının yer seçiminde, Twitter gönderileri gibi sosyal medya verilerini kullanan bir yöntem geliştirmiş ve bu yeni yaklaşımın etkinliğini ölçmek için farklı senaryoları ile uygulama yapmıştır.

İnceleme yapılan çalışmalar arasında afete müdahale aşamasına dahil olanların sayısı 36’dır. Lin ve diğ. (2012), lojistik etkinliği arttırmak için felaketten etkilenen alanların çevresinde geçici depolar kurulmasını önermişlerdir. Modelle geçici depo yerlerinin belirlenmesi, kapsanan talep noktalarının açık bir depoya atanması problemlerine odaklanılmıştır. Ozguven ve Ozbay (2013) gerçek zamanlı olarak acil olarak tedarik edilmesi gereken ürün ve taleplerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Model, minimum maliyet ile olası kesintileri önleyecek en uygun acil durum stok seviyelerini belirlemektedir. Afshar ve Haghani (2012), doğal afetlerden sonra kullanılacak bütünsel lojistik operasyonlarının tanımlanması için kapsamlı bir model geliştirmişlerdir. Campos ve diğ. (2012), doğal afetlerdeki ulaşım ağlarında tahliye rotalarının analizi ve tasarımını incelemişler ve tahliye rota planlaması yapmışlardır.

Chang ve diğ. (2013), uygun kaynakların düzenlenmesi için acil durum lojistik ağ çizelgelemesi önermişlerdir. Rath ve Gutjahr (2014), tek amaçlı sınırlandırılmış afet sonrası depo yeri belirleme probleminin çözümü ile ilgilenmiştir. Lodree ve diğ. (2012), tek bir üretici tesis açısından afet yardım stoklarını yönetmeyi amaçlayan bir yaklaşım geliştirmiş ve ürünlerin satıcılar arasında aktarılması problemini ele almıştır. Davis ve diğ. (2013), afet yardım faaliyetlerinde depolar arasında gerekli ürünlerin nasıl dağıtılacağı ve konumlandırılacağı problemini çözmek için bir model önermiştir. Najafi ve diğ. (2013), afet sonrası gerekli ürünlerin ve yaralıların lojistiğinin planlanmasında kullanılacak bir model geliştirmiştir. Rawls ve Turnquist (2012), afet bölgesinden tahliye edilen kişilerin barınaklara ulaştırılmasını planlayan bir model önermişlerdir. Lin ve diğ. (2011), afet yardım faaliyetlerinde ulaştırılması öncelikli olan ürünlerin teslimi için bir model önermektedir. Salas ve diğ. (2012), bir yerleşim yerini etkileyen kasırgalar sırasında barınaklardaki yiyecek talebini en iyi karşılayan stok politikasının belirlenmesi için bir model önermiştir. Ertem ve diğ. (2012), stoku azalan satıcıların kullanabileceği yolları bulmalarına yardımcı olan bir model geliştirmiş ve afet bölgesinde kullanılacak ortak bir platform kurmayı amaçlamıştır. Özdamar ve Demir (2012), bir felaket sonrası ürün dağıtımında ve tahliye işlemlerindeki araç rotalama koordinasyonunu sağlayan bir yöntem geliştirmiştir. Hamed ve diğ. (2012), çalışmalarında genel insani tedarik zinciri probleminin bir alt problemi olan, bir araç filosunun güvenilir olarak insani yardım için planlaması üzerinde çalışmıştır. Ben-Tal ve diğ. (2011), zamana bağlı talep belirsizliği olan trafik akış problemlerinin çözülmesi ve acil taleplerin atamalarının dinamik olarak gerçekleştirilmesi adına yeni bir model sunmuştur. Berkoune ve diğ. (2012), acil durum müdahale işlemlerindeki ulaşım problemlerinin çözümü için bir model önermiştir. Rennemo ve diğ. (2014), afet müdahale planlamasında etkinliği ve adil dağıtımı arttıran bir stokastik model önermiştir. Noyan (2012), belirsiz talep ve risk seviyesi durumlarında kullanılabilecek iki aşamalı bir stokastik model geliştirmiştir. Das ve Hanaoka (2014), afete müdahale aşamasında kullanılmak üzere tedarik süresinin ve talebin stokastik olarak ele alındığı bir stok kontrol modeli kurmuşlardır. Ren ve diğ. (2012), geniş çaplı bir felaket sonrasında iletişim ve taşıma süresi bozukluklarını göz önüne alan bir dinamik model geliştirmişlerdir. Taskin ve Lodree (2010), firmaların fırtına sezonlarında yaşadığı üretim ve dağıtım planlarındaki zorluklara çözüm üretmek amacıyla bir stok kontrol modeli önermiştir. Sheu (2010), geniş çaplı doğal afetlerdeki eksik bilgi ile acil durum lojistik operasyonları için

dinamik bir talep yönetim modeli geliştirmiştir. Wohlgemuth ve diğ. (2012) afete müdahale aşamasında kamyon yükünden daha az miktarda olan ihtiyaçların taşınmasına yönelik bir dinamik araç rotalama modeli geliştirmiştir. Widener ve Horner (2011), fırtına sonrası yardım stratejilerini geliştirmede kullanılmak üzere hiyerarşik bir model oluşturmuştur. Chakravarty (2014) afet öncesi ve sonrası ürünlerin konumlandırılması için iki aşamalı bir karar destek modeli önermiştir. Camacho-Vallejo ve diğ. (2015), büyük bir afet sonrasında, uluslararası yardımların dağıtımında kullanılmak üzere iki aşamalı matematiksel bir model geliştirmiştir. Vitoriano ve diğ. (2011), yardım dağıtım probleminin özelliklerini ortaya koymuş ve maliyet, zaman, eşitlik, öncelik, güvenlik ve güvenilirlik kriterlerini göz önüne alan bir doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Günneç ve Salman (2011), afet anındaki bir ulaşım ağının işlevselliğini belirlemek için başlangıç ve varış noktaları arasındaki bağlantı ve beklenen seyahat süresi/uzaklık ile ilgili bazı olasılık ölçütlerini değerlendirmiştir. Salman ve Yücel (2015), bir afet durumunda ulaşım ağındaki bağlantıların rassal olarak bozulması durumunu ve bu bozulmanın diğer bağlantılarda yaptığı bağımlı etkiyi modellemiştir. Balcık ve diğ. (2010), bir yerel dağıtım merkezi ile talep noktası arasında araçla yapılan dağıtımı incelemiştir. Kurulan model ile yerel dağıtım merkezlerince talep noktalarına gönderilecek ürünlerin belirlenmesi ve bunun için teslim rotasının hazırlanması amaçlanmaktadır. Liberatore ve diğ. (2014), dağıtım ağındaki zarar gören elemanların düzeltilmesi ve iyileştirilmesi için yapılan planlamada, dağıtım ağından maksimum faydayı elde etmeyi sağlayacak çok kriterli bir karar destek modeli geliştirmiştir. Lodree ve Taskin (2009), fırtınalarda kullanılmak üzere stokastik bir stok kontrol modeli geliştirmiştir. Mohammedi ve diğ. (2015), kritik günlük yaşam ürünlerinin afet mağdurlarına ulaştırılmasında kullanılmak üzere etkin bir acil durum yardım planı geliştirmiştir. Tzeng ve diğ. (2007) afet sonrası yardım ürünlerinin dağıtılması için çok amaçlı bir model geliştirmişlerdir. Florez ve diğ. (2015), insani yardım çalışmalarında kullanılmak üzere kaynaklardaki ve altyapıdaki bozulmalara karşı kapsamlı bir ağ tasarlayan karar destek modeli geliştirmiştir.

İncelenen çalışmalar arasında yeniden inşa aşamasında olan tek çalışma Hu ve Sheu (2013)'ya aittir. Yazarlar, afet sonrası enkazın temizlenmesi için yeni bir tersine lojistik sistemi geliştirmiştir. Bununla birlikte incelenen çalışmalar arasında birden fazla aşmaya dahil olanlar da mevcuttur. Afete hazırlık ve müdahale aşamasına dahil

olan çalışmalar 25 adettir. Yi ve zdamar (2007), yer seçimi probleminde afet alanına kurulacak geçici depo ve barınakların yerini belirlerken, dağıtım problemiyle ürünlerin ve yaralı afetzedelerin bu geçici tesislere taşınması yapılmaktadır. Li ve diğ. (2011), doğal afetlerin hazırlık ve yanıt aşamalarındaki barınak yerlerinin ve işlemlerinin belirlenmesinde kullanılmak üzere iki aşamalı bir stokastik program geliştirmiştir. Afet hazırlık aşamasında barınakların yerlerine, kapasitelerine ve kaynaklarına karar verilirken, afete yanıt aşamasında tahliye edilen afetzedeler ve kaynakların ataması yapılmaktadır. Rekik ve diğ. (2011), sırasıyla depo sayısı, yeri ve fonksiyonları ile ürün miktarlarının belirlendiği üç aşamalı bir model önermiştir. Balcık ve Beamon (2008), bir afet yardım ağındaki yardım dağıtım merkezlerinin yeri ve sayı ile her yardım merkezinde depolanacak malzemelerin miktarını belirleyen bir model geliştirmişlerdir. Murali ve diğ. (2012), biyolojik terör saldırılarında kullanılmak üzere açılacak tesisleri ve her tesise atanacak talep ve tedarik miktarlarını belirleyen bir model kurmuştur. Rottkemper ve diğ. (2012), mevcut talebi ve gelecekteki olası değişimleri düşünerek oluşturulan bütünleşik bir yeniden yer seçimi ve dağıtım planlama yaklaşımı geliştirmiştir. Naji-Azimi ve diğ. (2012) afet alanında etkilenen kişilere insani yardım gönderebilmek için kurulan uydu dağıtım merkezlerinin yerinin belirlenmesiyle ve ana depodan bu merkezlere tedariği sağlayacak bir araç filosunun rotalanmasıyla ilgilenmektedir. Tofighi ve diğ. (2016); ilk aşamada ana ve geçici depoların yerlerini belirleyen, ikinci aşamada ise toplam dağıtım süresini, kritik ürünlerin maksimum ağırlıklı dağıtım süresini, kullanılmayan stokların maliyetini ve karşılanmayan talep maliyetini minimize etmeyi amaçlayan bir dağıtım planı geliştirmiştir. Ahmadi ve diğ. (2015), afet yardım operasyonlarında kullanılmak üzere çok depolu atama ve rotalama modeli geliştirmiştir. Model iki aşamalı olup yerel depoların yerini belirlemekte ve dağıtım için rotalama yapmaktadır. Wang ve diğ (2014), afet sonrası depo yeri seçimi ve yardım ürünlerinin dağıtım ağının oluşturulması için bir model önermiş ve Çin'in bir bölgesi için uygulaması yapılmıştır. Tavana ve diğ. (2017), afet öncesi aşamada ana depo yerlerini ve bozulabilir ürünlerin stok seviyesini belirleyen, afet sonrası aşamada ise ürünlerin araç rotalamasını yapan bir model önermiştir. Noham ve Tzur (2018), hem afete hazırlık hem de müdahale aşamalarını kapsayan tesis yeri seçimi ve envanter tahsisi kararlarını veren bir model önermiştir. Vahdani ve diğ. (2018), afete hazırlık aşamasındaki depo yeri seçimi, bu depolarda depolanacak ürün miktarlarının belirlenmesi kararlarının yanında; afete müdahale aşamasında araç rotalama ve ürünlerin ihtiyaç sahiplerine dağıtımı

problemleri için çok amaçlı bir model önermiştir. Cavdur ve diğ. (2016), afet sonrası geçici dağıtım merkezlerinin yer seçimi ve ürünlerin dağıtımı için iki aşamalı stokastik bir model önermiş ve Bursa ili için bir uygulama yapmıştır. Chang ve diğ. (2007), sel durumunda depo yerlerinin belirlenmesi, gereken kurtarma ekipman miktarı ve bunların dağıtımı kararlarının verilmesi için bir model önermiştir. Aynı zamanda modelin bir gerçek hayat uygulaması da yapılmıştır. Elçi ve Noyan (2018), afet öncesi yardım tesislerinin yerlerini, kapasitelerini ve afet sonrası da yardım ürünlerinin stok seviyelerini belirleyen stokastik bir dağıtım ağı tasarım modeli geliştirmiştir. Fikar ve diğ. (2016), yardım ürünlerinin transfer noktaları üzerinden talep noktalarına ulaşmasını sağlamak amacıyla transfer noktası yer seçimi, çizelgeleme ve araç rotalama ile son teslimat dağıtımının karar vericiler tarafından analiz edilebilmesini sağlayan bir karar destek sistemi önermiştir. Condeixa ve diğ. (2017) ürünlerin önceden konumlandırılması, yer seçimi ve ürün dağıtımı için stokastik bir model önermiş ve risk yönetimi yöntemlerini modele dahil etmiştir. Baskaya ve diğ. (2017), afet yardım ürünlerinin dağıtımı ve depo yeri seçiminde farklı yatay aktarma yöntemlerini kullanmanın sonuçlarını incelemiştir. Safaei ve diğ. (2018) bir tedarik dağıtım ağı oluşturmak için bir gürbüz optimizasyon modeli geliştirmiştir. Rivera-Royero ve diğ. (2016), afet sonrası yardım ürünlerinin dağıtımı için dinamik bir model önermiş ve Kolombiya'da gerçekleşen bir sel durumu için uygulama çalışması yapmıştır. Sheu ve Pan (2014), barınak, medikal ve dağıtım ağlarını birleştirerek afet sonrası ürünlerin dağıtımını tasarlayan bir matematiksel model önermiştir. Cao ve diğ. (2018), yardım ürünlerinin dağıtım stratejisini afetzedelerin bakış açısına göre tasarlayan bir matematiksel model önermiştir. Liu ve diğ. (2018), afet sonrası tedarik edilecek ürün miktarının belirlenmesi, ulaşım planlarının oluşturulması ve günlük bir bölge uygulaması için helikopter kullanımlarının planlanması gibi taktiksel seviye kararların verilmesine yardımcı olan bir model önermiştir. Hasani ve Mokhtari (2018), toplam maliyeti düşürmeye çalışan bir dağıtım ağı tasarlamıştır. Afete müdahale ve yeniden inşa aşamasına giren ise 2 adet çalışma bulunmaktadır. Edrissi ve diğ. (2013), afetten etkilenen alanların onarılması ve acil yardım malzemelerinin yerleştirilmesi amacıyla bir model geliştirmiştir. Aksu ve Özdemir (2014), afet sonrası olan afete müdahale ve yeniden inşa aşamasında yol onarım çalışmalarının planlanmasına odaklanmıştır.

Yukarıda verilen sonuçlar incelendiğinde 123 çalışmanın 27'si (%22) hasarı hafifletme, 32'si (%26) afete hazırlık; 36'sı (%29,3) afete müdahale ve 1'i (%0,8) yeniden inşa aşamasına yönelik olduğu görülmektedir. 25 çalışma (%20,3) afete hazırlık ve müdahale aşamasına, 2 çalışma (%1,6) ise hem afete müdahale hem de yeniden inşa aşamasına girmektedir. Buna göre afet yönetim çevrimi aşamaları içerisinde, yazında en yüksek oranda %29,3 ile afete müdahale aşamasıyla ilgili çalışma yapılmıştır. Bunu, afete hazırlık aynı ve hasarı azaltma aşamaları, ardından da çoklu aşamalara odaklanan çalışmalar izlemektedir.

2.1.2 Kullanılan model türüne göre çalışmaların sınıflandırılması

İnsani yardım lojistiği ile ilgili yazında bir önceki bölümde detaylandırılan çalışmalar; matematiksel programa modelleri, stokastik, sezgisel, melez modeller, karar destek sistemi, simülasyon modeli, istatistiki yöntemler kullanılan ve model kullanılmayan çalışmalar olarak 7 gruba ayrılmıştır.

2.1.2.1 Matematiksel programlama kullanılan çalışmalar

Matematiksel programlama modelleri, afet yönetiminde en fazla tercih edilen modelleme türlerindendir. Matematiksel modellerde, problem amaç fonksiyonu ve kısıtlar içeren matematiksel ifadelerle modellenir ve en iyi çözüm karar değişkenleri ile bulunmaya çalışılır. Kısıt ve amaç fonksiyonlarının doğrusal veya doğrusal olmaması, karar değişkenlerinin sürekli ve kesikli olması göre doğrusal, tam sayılı, doğrusal olmayan modeller geliştirilebilir. Bir matematiksel model geliştirilirken aşağıdaki adımların izlenmesi tavsiye edilmektedir (Taha, 2000):

1. Problemin Tanımlanması: Problemin tanımlanması evresi, ele alınan problemin incelenip izlenerek tanımlanmasını kapsar. Bu aşamada çalışmanın amacı/amaçları, bu amaca/amaçlara ulaşmada etkili olan sistem kısıtları ve karar seçenekleri belirlenmelidir.
2. Model Kurma: Problem tanımlandıktan sonra problemi etkileyen parametre değerlerinin belirlenerek problemin matematiksel modeli kurulur. Bir başka deyişle problem matematik diline tercüme edilir.
3. Modelin Çözümü : Model kurulduktan sonra optimizasyon algoritmaları kullanılarak çözümlenir. Bu evrede aynı zamanda, model çözümlendikten

sonra duyarlılık analizleriyle parametrelerdeki değişimlerin optimal çözüm üzerindeki değişimleri incelenir.

4. Modelin Geçerliliği : Bu aşamada çözümlenen modelin gerçeği doğru bir şekilde temsil edip etmediği araştırılır. Modelden elde edilen sonuçlarla sistemin gözlenmesiyle elde edilen sonuçlar karşılaştırılır. Böylece modelin beklenen davranışları sergileyip sergilemediği incelenir.

Yazında insani yardım lojistiği ile ilgili olan ve matematiksel modelleme kullanılan 24 adet çalışmaya rastlanmıştır olup detayları aşağıda verilmiştir.

Aksu ve Ozdemir (2014), afete müdahale ve yeniden inşa aşamasında yol onarım çalışmalarının planlanmasına odaklanmıştır. Tüm yer seçimi yapılacak noktalar için ulaşımı maksimize edecek bir dinamik yol matematiksel modeli önermiştir.

Rottkemper ve diğ. (2012), mevcut talebi ve gelecekteki olası değişimleri düşünerek oluşturulan bütünsel bir yeniden yer seçimi ve dağıtım planlama yaklaşımı geliştirmiştir. Çalışmada, bu problemin çözümü için iki amacı içeren bir karma tam sayılı programlama modeli önerilmiştir. Buna göre ilk amaç karşılanmayan talebin ve operasyonel maliyetlerin minimize edilmesidir. Bu model dönen planlama ufku yöntemiyle çözülmüştür.

Afshar ve Haghani (2012), çalışmalarında birkaç yardım ürününün akışını kaynağından alıcıya ulaşana kadar kontrol eden bir matematiksel model geliştirmiştir. Ağ yapısı Amerika Epidemiyolojik Dış Felaketler Yardım ve Araştırma Merkezi (FEMA)'nin karmaşık lojistik yapısıyla uyumludur. Önerilen model, sadece araç rotalama, alım ve teslim değil, aynı zamanda her tesisin ve ulaştırma sisteminin birkaç kapasite kısıtını da dikkate alarak geçici tesislerin en uygun yerlerini bulmaktadır.

Hu ve Sheu (2013), afet sonrası enkazlar için yeni bir tersine lojistik sistemi geliştirmiştir. Çok amaçlı bir doğrusal programlama modeli ile toplam tersine lojistik maliyetlerinin, çevresel ve operasyonel risklerin minimize edilmesi sağlanmaktadır.

Widener ve Horner (2011), fırtına sonrası yardım stratejilerini geliştirmede kullanılmak üzere hiyerarşik bir model oluşturmuştur. Drezner ve diğ. (2006), yaralı toplanma noktalarının belirlenmesi için çok amaçlı bir model geliştirmiştir. Çalışmada minimaks pişmanlık kavramı ile en iyi amaç fonksiyonu değerinden sapmaların enbüyük değeri minimize edilmektedir.

Lassiter ve diğ. (2014), afet sonrasında insani yardım kuruluşlarında çalışacak olan gönüllülerin var olan işlere atanması için matematiksel bir model geliştirmiştir. Modelde öncelikle afetzedelerin ihtiyaçları belirlenmiş ve ihtiyaç seviyelerine göre gönüllülerin ataması yapılmıştır. Bununla birlikte çalışmada, anahtar maliyet faktörleri, olası ihtiyaç senaryoları ve gönüllü eğitim fırsatları temel alınarak atama sonuçlarındaki değişimler de incelenmiştir.

Camacho-Vallejo ve diğ. (2015), büyük bir afet sonrasındaki uluslararası yardımların dağıtımında kullanılmak üzere iki aşamalı matematiksel bir model geliştirmiştir. Yardım gönderen ülkelerin maliyetini azaltmak ve yardım alan ülkenin yardımları hızlı ve etkin dağıtması amacıyla geliştirilen modelin çözümü için ilgi model öncelikle doğrusal olmayan tek aşamalı bir matematiksel modele dönüştürülmüş, ardından doğrusallaştırılarak karma tam sayılı bir model elde edilmiştir. Modeli test etmek amacıyla Şili’de gerçekleşen bir depremin verileriyle uygulama yapılmıştır.

Yi ve Özdamar (2007), afet yardım çalışmalarındaki lojistik destek ve tahliye operasyonlarının koordinasyonunda kullanılmak üzere bütünleşik bir yer seçimi ve dağıtım modeli geliştirmiştir. Yer seçimi probleminde afet alanına kurulacak geçici depo ve barınakların yeri belirlenirken, dağıtım problemiyle ürünlerin ve yaralı afetzedelerin bu geçici tesislere taşınması yapılmaktadır. Önerilen karma tam sayılı model birden fazla ürün çeşidini dikkate almaktadır. Model hipotetik afet senaryolarının yanında İstanbul’un risk şebekesini temel alan bir deprem senaryosunda da uygulanmıştır.

Akgün ve diğ. (2015), bir talep noktasının yerel tesislerce hizmet görmeme riskini minimize eden bir optimizasyon modeli geliştirmiştir. İlgili model, talep noktalarını destekleyecek güvenli bir tesis ağı oluşturan yerleri seçmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada bir talep noktasının riski; afetin olasılığı, talep noktasının kırılganlığı ve oluşması beklenen olası can kaybı çarpımıyla elde edilirken, talep noktasının kırılganlığı hata ağacı analizi ile hesaplanmıştır. Önerilen modelin çözümü için doğrusal olmayan karma tam sayılı model doğrusallaştırılmış ve doğrusal tam sayılı model olarak çözülmüştür. Önerilen modelle elde edilen yerler, risk değeri, kapsama uzaklığı ve kapsanan nüfus kriterlerine göre p-medyan modelle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Vitoriano ve diğ. (2011), yardım dağıtım probleminin özelliklerini ortaya koymuş ve maliyet, zaman, eşitlik, öncelik, güvenlik ve güvenilirlik kriterlerini göz önüne alan çok amaçlı bir doğrusal programlama modeli geliştirmiştir.

Rekik ve diğ. (2011), afet sonrası yardım çalışmaları için dağıtım ağı tasarlayan bir karar destek modeli önermişlerdir. Model üç aşamadan oluşmaktadır: İlk aşamada depo (dağıtım merkezi) sayısı, ikinci aşamada bu depoların yeri ve fonksiyonları, üçüncü aşamada ise bu depolardaki yardım malzemelerinin miktarı belirlenmektedir. Model aşamalara ayrılarak daha hızlı çözüm elde edilmesi amaçlanmıştır.

Kılcı ve diğ. (2015), geçici barınak alanlarının seçimi için karma tam sayılı doğrusal programlama temelli bir yöntem geliştirmiştir. Matematiksel modelin barınak alanına ve açık barınaklara gönderilecek kişilere karar vermesinin yanında açık barınak alanının minimum ağırlığını enbüyüklemektedir. İlgili modelin geçerliliği Kartal'dan ve 2011 Van depreminden elde edilen gerçek verilerle senaryo bazlı olarak test edilmiştir.

Salman ve Yücel (2015), bir afet durumunda ulaşım ağındaki bağlantıların rassal olarak bozulmasını ve bu bozulmanın diğer bağlantılarda yaptığı bağımlı etkiyi modellemiştir. Her talep noktası için, her arz noktasından o talep noktasına ulaşan alternatif yol kümeleri türetilmiştir. Amaç belirli bir uzaklık içindeki toplam kapsanan talebi enbüyüklemektir. Büyük veri kümelerinde modelin kullanılması için de bir tabu arama sezgiseli geliştirilmiş ve model İstanbul için uygulanmıştır.

Görmez ve diğ. (2011), İstanbul'daki afet yanıt ve yardım depolarının yerlerinin belirlenmesi problemini ele almışlardır. Çalışmada, uzaklık limitleri ve altyapı gereklilikleri göz önüne alınarak, yaralıların bulunduğu noktalar ile onlara en yakın tesisler arasındaki ortalama ağırlıklı uzaklıklarını ve açılacak tesis sayısını enküçükleyen farklı modeller kurulmuştur. Ayrıca, farklı afet senaryoları ile bu iki amaç arasındaki ödünleşmeler analiz edilmiş ve uygulama olarak İstanbul verileri kullanılmıştır.

Balcık ve Beamon (2008), bir afet yardım ağındaki yardım dağıtım merkezlerinin yeri ve sayısı ile her yardım merkezinde depolanacak malzemelerin miktarını belirleyen bir model geliştirmişlerdir. İlgili model yer seçimi ve stok miktarı kararlarını bütünleştirmekte ve farklı ürün türlerini, kapasite ve bütçe kısıtlarını göz önüne almaktadır. Model ayrıca verilerle test edilmiştir.

Balcik ve diğ. (2010), bir yerel dağıtım merkezi ile talep noktası arasında araçla yapılan dağıtımı incelemişlerdir. Kurulan model ile yerel dağıtım merkezlerince talep noktalarına gönderilecek ürünlerin belirlenmesi ve bunun için teslim rotasının hazırlanması amaçlanmaktadır. Bunun için de araç kapasiteleri, teslim süresi kısıtları ile ulaşım maliyetlerinin minimize edilmesi ve yardım alan kişilerin faydasını arttırmak amaçları ile karma tam sayılı bir model kurulmuştur. İlgili model farklı test problemleri ile çözülmüştür.

Gözaydın ve Can (2013) depremlere yönelik olarak kurulabilecek deprem yardım istasyonları için lojistik merkez seçimi konusunu ele almıştır. Deprem yardım istasyonları için lojistik merkezi seçim problemi P-Medyan ve Maksimum Kapsama Alanı problemine uygun olarak modellenmiş ve farklı senaryolara göre bu istasyonlar için coğrafi konumlar belirlenmiştir.

Rancourt ve diğ. (2015) Kenya’da yaşanan kuraklık nedeniyle oluşan kıtlık afetinde kullanılmak üzere taktiksel seviyede bir ağ planlama modeli geliştirmişlerdir. Model ile kuraklıktan etkilenen kişilere doğrudan dağıtım yapacak olan dağıtım merkezlerinin yeri belirlenmekte olup Kenya’da mevcut olan gerçek bir olay üzerinde çalışma yapılarak model sonuçları gerçek verilerle analiz edilmiştir.

Gutjahr ve Dzibur (2016) afet dağıtım merkezlerinin yer problemi için geliştirdikleri modelde kapasiteli dağıtım merkezlerinin yerlerini, toplam depo açılış maliyeti ve toplam kapsanmayan talep minimize edilerek belirlemektedir. Ardından da afetzedelerin dağıtım merkezi seçimi yapılmaktadır.

Sheu ve Pan (2014), barınak ve medikal dağıtım ağlarını birleştirerek afet sonrası ürünlerin dağıtımını tasarlayan üç aşamalı ve çok amaçlı bir matematiksel model önermiştir.

Paul ve diğ. (2017), ABD’de geniş çaplı bir acil durum olduğunda devlet tarafından yerleri belirlenmiş olan afet yardım merkezlerinin yeniden yer seçimi için çok amaçlı bir kapsama modeli önermiş ve mevcut durum ile model sonucunu karşılaştırmıştır.

Li ve diğ. (2018), afet yardım ürünlerinin taşınmasında kullanılacak dağıtım noktalarının yer seçiminde, Twitter gibi sosyal medya verilerini kullanan iki aşamalı bir matematiksel model önermiştir.

Baskaya ve diğ. (2017), afet yardım ürünlerinin dağıtımı için farklı yatay aktarma yöntemlerinin ürünlerin ortalama taşıma uzaklığına etkisini belirlemek için farklı matematiksel modeller kurmuş ve sonuçları incelemiştir.

2.1.2.2 Sezgisel model kullanılan çalışmalar

İnsani yardım lojistiğinde kullanımı öne çıkan bir diğer yöntem ise sezgisel modellerdir. Sezgisel algoritmalar, genellikle büyük boyutlu optimizasyon problemleri için kullanılmaktadır ve kabul edilebilir sürede optimuma yakın çözümler veren algoritmalarlardır. Bu tür algoritmalar yakınsama özelliğine sahiptir, ancak kesin çözümü garanti etmezler. Optimizasyon problemi kesin çözümü bulma işleminin tanımlanmadığı bir yapıya sahip olduğunda, sezgisel algoritmalar öğrenme amaçlı ve kesin çözümü bulma işleminin bir parçası olarak kullanıldığında veya anlaşılabilirlik açısından sezgisel algoritmalar karar verici için daha basit ve kullanışlı olduğu durularda sezgisel yaklaşımlar tercih edilebilir. (firat.edu.tr slaytı)

Lin ve diğ. (2012), yardım ürünlerin belirli bir sürede ana depodan tedarik edilmesi problemini, talep noktaları ve ana depo arasındaki uzun araç mesafelerini dikkate alarak incelenmiş ve çözüm için iki aşamalı bir sezgisel model önerilmiştir. İlk aşamada geçici depo yerleri belirlenmekte ve kapsanan talep noktaları açık bir depoya atanmaktadır. İkinci aşamada ise ilk aşamada belirlenen sonuçlar için en iyi lojistik performanslar belirlenmektedir.

Naji-Azimi ve diğ. (2012), afet sonrasında kurulacak uydu dağıtım merkezlerinin yerinin belirlenmesi amacıyla teslimatların ayrılması fikrini ortaya atmış ve bu problemin çözümü için sezgisel bir yaklaşım önermişlerdir. Rassal olarak türetilen verilerle sayısal testler yapılmıştır. Bunun sonucunda da matematiksel modelle sadece küçük durumlar çözümlenebilirken, sezgisel model ile ise gerçek büyüklükteki olayları makul bir sürede çözülebildiği görülmüştür.

Campos ve diğ. (2012), doğal afetlerdeki ulaşım ağlarında tahliye rotalarının analizi ve tasarımı incelemiş ve tahliye rota planlaması için tekrarlayan bir sezgisel algoritma önermişlerdir.

Chang ve diğ. (2013), kaynakların düzenlenmesi ve acil durum lojistik ağ çizelgesi çeşitlerinin türetilmesi için bir genetik algoritma geliştirmiştir. Algoritma; karşılanmamış talebi, tedarik süresini ve ulaşım maliyetlerini minimize etmektedir. Bunun yanında algoritma Tayvan'daki bir deprem vakası için uygulanmıştır.

Lu (2013), tesis yerlerinin seçimi için yardım istasyonları arasındaki belirsiz taşıma süresi ve belirsiz talebi göz önüne alarak bir algoritma geliştirmiş ve çözümü için sezgisel algoritma kullanmıştır.

Wex ve diğ. (2014) doğal afetler sonrası oluşan durumların ağırlık derecelerine göre, yapılan müdahalenin bitiş zamanlarının toplamını minimize eden bir karar destek modeli geliştirmiştir. Bunun için farklı sezgiseller geliştirilmiş ve bu modellerin performansları karşılaştırılmıştır.

Canbolat ve Von Massow (2011), rassal olarak düşünülen talep noktaları ile ve tesis arasındaki maksimum doğrusal uzaklığın minimize edilmesi amaçlayan bir sezgisel model geliştirmiştir. Model ile tesis yerleşimi sırasında beklenen maksimum risk minimize edilmeye çalışılmaktadır.

2.1.2.3 Stokastik model kullanılan çalışmalar

Zamana göre değişen olguları tariflemek için kullanılan olasılık modellerine stokastik süreç adı verilir. Diğer bir deyişle, değişimi rastgele bir değişime bağlı olan bir değişken tarafından temsil edilen sistemlerin değişimini yansıtan bir zaman dizisidir (Lawler, 2006). Bu süreçler, belirleyici süreç anlamına gelen deterministik sürecin olasılıklı muadilidir ve bazı belirsizlikler içermektedir. Bu nedenle de insani yardım lojistiği çalışmalarında kullanımı tercih edilen yöntemlerden biridir.

Lodree ve diğ. (2012), tek bir üretici tesis açısından afet yardım stoklarını yönetmeyi amaçlayan proaktif bir yaklaşım geliştirmiştir. Acil durum tedarikçilerinin beklenen fırtınanın etkilediği bölgelerden ayrı ve coğrafi olarak dağılmış bölgelerde olduğu kabul edilmiştir. Belirli bir afet senaryosunun ihtiyaçları belirlendiğinde, karşılanmamış talebi ortadan kaldırmak için ürünlerin satıcılar arasında aktarılması problemi iki aşamalı bir stokastik model olarak ele alınmıştır.

Davis ve diğ. (2013), afet yardım faaliyetlerinde depolar arasında gerekli ürünlerin nasıl dağıtılacağı ve konumlandırılacağı problemini çözmek için bir stokastik programlama modeli önermiştir.

Najafi ve diğ. (2013) afet sonrası gerekli ürünlerin ve yaralıların lojistiğinin planlanmasında kullanılacak çok amaçlı, çok modlu, çok ürünlü ve periyotlu bir stokastik model geliştirmiştir. Model ayrıca gürbüz yaklaşımıyla düzenlenmiştir.

Rawls ve Turnquist (2012), afet bölgesinden tahliye edilen kişilerin barınaklara ulaştırılmasını planlayan iki aşamalı bir stokastik model önermiştir. Barınaklarda afetin hemen sonrasında ihtiyaç duyulacak yardım malzemelerinin önceden planlanması için çalışma yapılmıştır.

Lodree ve Taskin (2009) ile Taskin ve Lodree (2010), kasırgalardaki stok kontrol probleminin çözümü için stokastik bir dinamik problem modeli geliştirmiştir.

Rennemo ve diğ. (2014), afet müdahale planlaması için üç aşamalı bir stokastik model önermiştir. Modelde yerel dağıtım tesislerinin açılışı, başlangıç ürün atamaları göz önüne alınmakla birlikte altyapı durumu, araç sayısı ve talep stokastik olarak ele alınmıştır.

Noyan (2012), afet yönetiminde riskten kaçınan iki aşamalı bir stokastik model geliştirmiş ve çözümü için de iki ayrışım algoritması önermiştir. Karar vericiye farklı risk parametrelerinde, hizmet kalitesi ve maliyet ödünleşmesine göre farklı yerlere veya farklı miktarda ürün gönderme seçeneği sunulmaktadır.

Das ve Hanaoka (2014), afet sonrası ihtiyaçların karşılanma süresini minimize eden bir stok yönetim modeli geliştirmiştir. Bu modelde ürünlerin tedarik süresi ve talep stokastik olarak ele alınmıştır.

Salmeron ve Apte (2010), afet öncesinde yardım ürünlerinin tedarik edilmesi ve konumlandırılması için gerekli bütçenin belirlenmesinde yol gösterici olacak iki aşamalı bir stokastik model geliştirmiştir. Modelde iyileşmesi beklenen yaralı sayısının minimize edilmesine odaklanılmaktadır. Bu nedenle model ilk aşamada depo, medikal tesis ve barınak gibi kaynakların belirlenmesi kararlarını içerirken, ikinci aşamada ise bu ürünlerin ihtiyaç sahiplerine ulaştırılması için yapılacak ulaşım planlaması çalışmalarını kapsamaktadır. Gerçekleşecek afetin yeri ve şiddeti belirsiz olduğundan sayısal sonuçlar senaryo bazlı elde edilmiştir.

Li ve diğ. (2011), afet hazırlık ve yanıt aşamalarındaki barınak yerlerinin ve işlemlerinin belirlenmesinde kullanılmak üzere iki aşamalı bir stokastik program geliştirmiştir. Afet hazırlık aşamasında barınakların yerlerine, kapasitelerine ve kaynaklarına karar verilirken, afete yanıt aşamasında tahliye edilen afetzedeler ve kaynakların ataması yapılmaktadır. Problem, doğrusal programlı senaryo seviyelerine ayrıştırılarak çözümü yapılmış ve Amerika'da gerçekleşen bir kasırganın verileri kullanılarak uygulama yapılmıştır.

Florez ve diğ. (2015), insani yardım çalışmalarında kullanılmak üzere kaynaklardaki ve altyapıdaki bozulmaları dikkate alan bir karar destek modeli geliştirmiştir. Çalışma, stokastik çoklu senaryo programı aracılığıyla tanımlanmış ve Peru'daki gerçek bir olay afet için uygulama çalışması yapılmıştır.

Tofighi ve diğ. (2016), ana ve yerel depoları içeren insani yardım lojistiği ağ tasarımı üzerinde çalışarak yeni bir iki aşamalı senaryo tabanlı olabirlikli stokastik programlama yaklaşımı geliştirmiştir. Önerilen dağıtım planı ilk aşamada ana ve yerel depoların yerleri belirlenmekte, ikinci aşamada ise toplam dağıtım süresini, kritik ürünlerin maksimum ağırlıklı dağıtım süresini, kullanılmayan stokların maliyetini ve karşılanmayan talep maliyetini minimize etmeyi amaçlamaktadır.

Rahmani ve diğ.(2018), afet sonrası tesislerin zarar görme riskini göz önüne alarak ana ve yerel kurtarma merkezlerinin yer seçimi için bir model önermiştir. Belirsiz parametreler için senaryo bazlı gürbüz optimizasyon yaklaşımı kullanılmıştır ve Tahran şehri için bir uygulama yapılmıştır.

Cavdur ve diğ. (2016), afet sonrası geçici dağıtım merkezlerinin yer seçimi ve ürünlerin dağıtımı için iki aşamalı stokastik bir model önermiş ve Bursa ili için bir uygulama yapmıştır.

Chang ve diğ. (2007), sel durumundaki lojistik probleminin çözümü için iki aşamalı bir stokastik programlama modeli önermiştir. Model; devlet kuruluşlarının depo yerlerinin belirlenmesi, gereken kurtarma ekipman miktarı ve bunların dağıtımı kararlarına yardımcı olmayı hedeflemektedir.

Elçi ve Noyan (2018), afet yardım tesislerinin yerlerini, kapasitelerini ve yardım ürünlerinin stok seviyelerini belirleyen stokastik bir dağıtım ağı tasarlamıştır. Model çözümü için ise dal sınır algoritması temelli Bender ayrışması kullanılmıştır. Ayrıca ABD'deki bir vaka için uygulama çalışması yapılmıştır.

Condeixa ve diğ. (2017), ürünlerin önceden konumlandırılması ve dağıtımı için stokastik bir model önermiş ve risk yönetimi yöntemlerini modele dahil etmiştir.

Liu ve diğ. (2018), afet sonrası tedarik edilecek ürün miktarının belirlenmesi, ulaşım planlarının oluşturulması gibi taktiksel seviye kararların verilmesine yardımcı olan stokastik bir model önermiştir. Model sayısal örneklerle test edilmiştir.

Ben-Tal ve diğ. (2011), çalışmalarında bir gürbüz optimizasyon tekniği uygulamıştır. İnsani yardım tedarik zincirlerindeki talep belirsizliğini azaltmada kullanılan gürbüz lojistik modellerinin türetilmesi için bir model geliştirilmiştir.

2.1.2.4 Melez modellerin kullanıldığı çalışmalar

Bu çalışma kapsamında yazında incelenen çalışmalarda en çok kullanılan metot, melez yöntemlerdir. Yazında ilgili problemlerin tek bir yöntem ile çözümü yerine, insani yardım lojistiğinin çok boyutlu doğasını göz önünde bulundurarak farklı yöntemlerin birleştirilmesinin ve birlikte kullanımının tercih edildiği görülmektedir. Böylece, bir yöntemin eksik kaldığı durumda farklı yöntemlerden faydalanılmaktadır.

Galindo ve Batta (2013), kasırga sonrasındaki gerekli olan yardım ürünlerinin, kasırga öncesi konumlandırılmasında kullanılacak bir model geliştirmişlerdir. Bu model, olası konumlandırma merkezlerinin kasırgadan zarar görme olasılığını da içermektedir. Bu problemin çözümünde talep stokastik olarak ele alınmış ve problemin çözümü için tam sayılı bir model kurulmuştur.

Salas ve diğ. (2012), bir yerleşim yerini etkileyen kasırgalar sırasında barınaklardaki yiyecek talebini en iyi karşılayan stok politikasını belirlemek ve maliyetleri azaltmak için stokastik bir model geliştirmiştir. Modelde bozulabilen yiyeceklerin ilk giren ilk çıkar sistemiyle tüketileceği düşünülmüştür. Çalışmaya stokastik programlama modeli ile başlanmış ve ardından süreç deterministik tam sayılı programlama modeline dönüştürülmüştür.

Verma ve Gaukler (2015), afet yardım deposunun bulunduğu çevrede de afet meydana gelme olasılığı düşünülerek iki adet yer seçim modeli geliştirmişti. İlk model deterministiktir ve afet yardım merkezi ile nüfus yerleşim bölgesi arasındaki uzaklığa bağlı hasarları birleştirir. İkinci model ise bir stokastik programlama modelidir ve hasarın yoğunluğu rassal bir değişkenle göz önüne alınır. Stokastik model için ayrıca bir çözüm yöntemi de geliştirilmiştir. Çalışmada daha önce gerçekleşmiş bir depremin verileri kullanılarak modellerin uygulaması da yapılmıştır.

Zhang et al. (2013) afet yardım depo yeri seçimi için çok amaçlı bir matematiksel model önermektedir. Çalışmada, model çözümü için stokastik bir yaklaşım önerilmiş ve deneysel verilerle yaklaşımın etkinliği analiz edilmiştir.

Ozguven ve Ozbay (2013), RFID teknolojisini ve stokastik bir stok yönetim modelini birleştirerek melez bir model oluşturmuştur. Çalışmada, gerçek zamanlı acil ürün ve taleplerin, RFID teknolojisi ile bütünleşmiş çoklu stokastik insani yardım yönetim modeli ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Model, minimum maliyet ile olası kesintileri önleyecek en uygun acil durum stok seviyelerini belirlemektedir. Ancak gerçek hayatta afet sonrasında acil stok seviyeleri, olası stokastik bozulmalar nedeniyle optimalden sapmalar gösterebileceğinden, çalışmada tahmin edilemeyen olumsuzlukları en aza indirecek veya en azından problemin kaynağının en kısa sürede belirlenmesini sağlayacak, ayrıntılı bir çevrimiçi stok kontrol sistemi önerilmiştir.

Edrissi ve diğ. (2013), afetten etkilenen alanların onarılması, acil yardım malzemelerinin yerleştirilmesi, acil durumlarda mevcut ulaşım tesislerinin güvenilirliğinin maksimize edilmesini sağlamak amacıyla stokastik bir model geliştirmiş ve ardından gerçek yaşamda kullanımı için de bir genetik algoritma geliştirmiştir. İlgili model, örnek olay incelemeleri ile test edilmiştir.

Mohammedi ve diğ. (2015), kritik günlük yaşam ürünlerinin afet mağdurlarına ulaştırılmasında kullanılmak üzere etkin bir acil durum yardım planı geliştirmiştir. Çalışmada toplam kapsanması beklenen talebi maksimize etmek, toplam beklenen maliyet ile farklı noktalardaki talebin karşılanma oranları arasındaki farkın minimize edilmesi olmak üzere üç amaçtan oluşan bir stokastik programlama modeli kurulmuş ve bunun çözümü için yeni bir çok amaçlı parçacık sürüsü optimizasyon algoritması geliştirilmiştir.

Ahmadi ve diğ. (2015), afet yardım operasyonlarında kullanılmak üzere çok depolu atama ve rotalama modeli geliştirmiştir. Model iki aşamalı bir stokastik modelle geçici depoların yerini belirlemekte ve ürünlerin rotalamasını yapmaktadır. Küçük boyuttaki örnekler GAMS yazılımı ile çözülebilmekle birlikte büyük örnekler için bir değişken komşuluk algoritması kullanılmıştır.

Murali ve diğ. (2012), büyük biyolojik terör saldırılarında kullanılmak üzere açılacak tesisleri ve her tesise atanacak talep ve tedarik miktarlarını belirleyen bir model önermiştir. Model, maksimum kapsama probleminin özel bir hali olmakla birlikte talep belirsizdir ve kapasite kısıtları dikkate alınmıştır. Amaç fonksiyonu, medikal malzemelere ulaşan kişi sayısını maksimize etmektedir. Önerilen modelin çözümü için sezgisel bir model geliştirilmiş ve bir uygulama yapılmıştır.

Rivera-Royero ve diğ. (2016), afet sonrası yardım ürünlerinin dağıtımı için dinamik bir matematiksel model önermiş ve Kolombiya’da gerçekleşen bir sel uygulaması için model uygulanmıştır. Modelin büyük vakalarda kullanılabilmesi için üç farklı çözüm önerilmiş olup bunlardan biri sezgisel bir yaklaşımdır. Çalışmanın sonucunda bu üç çözüm yönteminin sonuçları da karşılaştırılmıştır.

Ertem ve diğ. (2012), afet bölgeleri için az stoku bulunan satıcıların kullanabileceği yolları gösteren bir platform geliştirmiştir. Çalışmada bir genetik algoritma, tavlama benzetimi ve bir tam sayılı program; teklif oluşturma aşamasında farklı tekliflerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Sezgisel çözüm teknikleri ve bir tam sayılı programlama bu problemin dinamik yapısının anlaşılmasında kullanılmıştır.

Haung ve diğ. (2012), sistem analizi ve tasarım teknikleri kullanarak, insani organizasyonlarda daha etkili bir iş birliği kurulmasını hedeflemiştir. Aynı zamanda çalışmada, askeri ve insani organizasyonların ortaklık değerlendirme kriterleri ile ilgili deneysel karşılaştırmalar yapılmıştır. Bunun için öncelikle bir tam sayılı model ve farklı durumların çözümü için iki adet sezgisel model geliştirilmiştir.

Özdamar ve Demir (2012), bir felaket sonrası, ürün dağıtımında ve tahliye işlemlerindeki araç rotalama koordinasyonunu sağlamak için hiyerarşik bir kümeleme ve rotalama prosedürü geliştirmiştir. Bu prosedür, talep düğümlerini her planlama seviyesinde daha küçük kümelere bölerek optimal sonucun bulunmasını sağlayan çok seviyeli bir sezgisel kümeleme algoritmasıdır. Çalışmada, rotalama problemleri yetkilendirilmiş ağ akış modelleri olarak tarif edilmiştir.

Wohlgemuth ve diğ. (2013) afete müdahale aşamasında kamyon yükünden daha az miktarda olan ihtiyaçların taşınmasına yönelik bir dinamik araç rotalama modeli geliştirmiştir. Çalışmanın amacı gecikmelerden kaçınmak ve donanımlardan maksimum faydayı sağlamaktır. Modelin gerçek hayat problemlerine uyarlanması için tabu arama algoritması geliştirilmiştir.

Abounacer ve diğ. (2014) insani yardım dağıtım merkezlerinin sayısı, durumu ve göreviyle birlikte yerinin belirlenmesi için çok amaçlı bir model geliştirmiştir. İlk amaç, dağıtım merkezleri ve talep noktaları arasındaki ulaşım süresini minimize etmek; ikinci amaç, belirlenen dağıtım merkezlerinde ihtiyaç duyulan ilk yardım çalışanı sayısını minimize etmek; üçüncü amaç, yardım merkezlerince kapsanmayan

afet bölgelerinin sayısını minimize etmektir. Büyük problemler için algoritmanın sezgisel ve Pareto yaklaşımları da geliştirilmiştir.

Wang ve diğ (2014), afet sonrası depo yeri seçimi ve yardım ürünlerinin dağıtım ağının oluşturulması için doğrusal olmayan bir tam sayılı model kurmuştur. Modelde toplam maliyet, taşıma süresi ve ayrık dağıtımın güvenilirliği göz önüne alınmıştır. Modelin çözümü için ise genetik algoritma ve evrimsel algoritma önerilmiş; ayrıca Çin'in bir bölgesi için model uygulaması yapılmıştır.

Ye ve diğ. (2015), klasik p-medyan modelini genişleterek Çin acil durum depo yer seçimi problemine dönüştürmüştür. Çalışmada gerçek veriler elde edilerek yapılan uygulamada ise modelin çözülmesi için bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir.

Ren ve diğ. (2012), acil yardım ürünlerinin dağıtımında, iletişim ve ulaşım süresi belirsizliklerini göz önüne alan çok periyotlu bir dinamik ulaşım modeli geliştirerek optimal ulaşım rotaları ve dağıtım stratejilerini bulmayı amaçlamıştır. Kurulan dinamik matematiksel modelin çözümü içinse melez bir genetik algoritma geliştirilmiştir.

Lin ve diğ. (2011), afet yardım faaliyetlerinde ulaştırılması öncelikli olan ürünlerin teslimi için lojistik bir model önermektedir. Bu model; çok ürünlü, çok araçlı, çoklu zamanlı, ayrık teslim stratejisi senaryoları olan çok amaçlı bir tam sayılı programlama modelidir. Modeli etkili çözümü için yapılabilecek tur sayısına sınır konulmuştur ve tam sayılı modeli çözmek uzun zaman gerektirdiğinden genetik algoritma ve orijinal problemin ayrıştırılmasından oluşan iki sezgisel yaklaşım kullanılmıştır.

Berkoune ve diğ. (2012), acil durumlarda karşılaşılan ulaşım problemlerinin çözümü için karma tam sayılı matematiksel bir model geliştirmiş, problemin gerçek hayattaki durumlara uygulanabilmesi sağlamak için ise bir genetik algoritma önermiştir.

Hamedi ve diğ. (2012), insani yardım taşımasında rotalama ve çizelgeleme işlemleri için matematiksel bir model geliştirmiştir. Bu yöntemi, çevrimiçi bilgi ile gerçek durumlarda kullanmak ve kabul edilebilir bir sürede çözmek için sezgisel yöntemlere dayanan bir genetik algoritma geliştirilmiştir.

Rath ve Gutjahr (2014) afet sonrası müdahalede kullanılmak üzere çok amaçlı bir depo yeri seçimi ve rotalama modeli geliştirmiştir. Çalışmada çok amaçlı ve tek amaçlı eniyileme modelleri kurulmuş, bunların çözümü için metasezgisel yöntemlerden yararlanılmıştır.

Tavana ve diğ. (2017), afet öncesi aşamada ana depo yerlerini ve ürünlerin stok seviyesini belirleyen, afet sonrası aşamada ise ürünlerin araç rotalamasını yapan çok amaçlı karma tam sayılı matematiksel bir model önermiştir. Model çözümü için ise farklı genetik algoritmalar önerilmiş ve bu algoritmaların çözümleri incelenmiştir.

Noham ve Tzur (2018), tesis yeri seçimi ve envanter tahsisi kararlarını veren bir karma tam sayılı bir matematiksel model önermiş ve ilgi model çözümü için tabu arama temelli bir sezgisel algoritma geliştirmiştir.

Vahdani ve diğ. (2018), depo yeri seçimi ve bu depolarda depolanacak ürün miktarlarının belirlenmesi kararlarının yanında; araç rotalama ve ürünlerin ihtiyaç sahiplerine dağıtım problemleri için iki aşamalı, çok amaçlı bir matematiksel model önermiştir. Model çözümü için ise iki adet metasezgisel algoritma geliştirilmiş ve model farklı problemler üzerinde test edilmiştir.

Cao ve diğ. (2018), yardım ürünlerinin dağıtım stratejisini afetzedelerin bakış açısına göre tasarlayan bir karma tam sayılı ve doğrusal olmayan matematiksel model önermiştir. Modelin çözümü için genetik algoritma kullanılmış olup, önerilen model Wenchuan deprem verileri için uygulanmıştır.

Hasani ve Mokhtari (2018), afet sonrası yardım ağının tasarlanması için karma tam sayılı bir matematiksel önermiş ve İran için bir uygulaması yapmıştır. Modelin çözümü için ise sezgisel algoritma geliştirilmiştir.

Günneç ve Salman (2011), afet anındaki bir ulaşım ağının işlevselliğini belirlemek için başlangıç ve varış noktaları arasındaki bağlantı ve beklenen seyahat süresi/uzaklık ile ilgili bazı olasılıksal ölçütleri değerlendirmiştir. Çalışmadaki girdi verilerinde her senaryo altında ulaşım ağlarındaki bağlantıların kopması olasılıkları verilmiş ve bağlantılardaki bozulmalar arasındaki bağımlılık modellenmiştir. İlgili ölçütleri belirlemek için çalışmada bir algoritma belirlenmiş, karmaşık vakalarda ise Monte Carlo benzetiminden faydalanılmıştır. Ayrıca İstanbul'da deprem riski altındaki otoyol ağı ile bir uygulama çalışması yapılmıştır.

Tzeng ve diğ. (2007) afet sonrası yardım ürünlerinin dağıtımını için çok amaçlı bir model geliştirmiştir. Model amaçları; toplam süreyi, toplam maliyeti ve ürünlerin planlama periyodundaki minimum karşılanmasını maksimize etmektir. Model bulanık programlamaya uyarlanarak çözülmüştür.

Falasca ve Zobel (2012) de insani yardım kuruluşlarında çalışan gönüllülerin görevlere atanmasında kullanılacak çok kriterli bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Modelde olası çizelgelerdeki farklı amaçların modellenmesinde bulanık mantıktan faydalanılmıştır.

Sheu (2010), geniş çaplı doğal afetlerdeki eksik bilgi ile acil durum lojistik operasyonları için dinamik bir talep yönetim modeli geliştirmiştir. İlgili yöntemde talep tahmini için farklı alanlardaki veriler birleştirilmekte, afetten etkilenen bölgeler bulanık kümeleme ile gruplara ayrılmakta ve ardından çok kriterli karar verme yöntemleriyle grupların öncelik sıralaması yapılmaktadır.

Celik ve Gumus (2016) afet yardım organizasyonlarının hazırlık ve müdahale performanslarını değerlendirmek için AHS ve PROMETHEE yöntemlerinden oluşan melez bir model önermiştir ve modelde tip 2 bulanık kümeleri kullanmıştır. Model uygulaması olarak Türkiye'deki afet yardım organizasyonları değerlendirilmiştir.

Ebrahimi ve Modam (2016) acil durum servislerinin ve dağıtım merkezlerinin yerlerinin belirlenmesi için AHS ve bulanık TOPSIS yöntemlerini birleştirmiştir. Belirlenen kriterlerle birlikte modelin Tahran şehri için uygulaması yapılmıştır.

Turgut ve diğ. (2011) afet lojistik merkez yer seçimi için AHS ve bulanık AHS olmak üzere iki farklı karar modeli önermiştir. Çalışmada İstanbul için deneysel bir vaka çalışması yapılarak model sonuçları analiz edilmiştir.

Brito Jr. ve diğ. (2016), afet yardım ürünlerinin önceden konumlandırılması için sırasıyla stokastik optimizasyon modeli ve çok kriterli karar analizini kullanan iki aşamalı bir yöntem önermiştir. Stokastik model ile açılacak depo sayısı belirlenirken elde edilen model sonuçları Çok Kriterli Karar Analizi ile değerlendirilmiştir. Ardından Sao Paulo şehri için bir uygulama çalışması yapılmıştır.

Safaei ve diğ. (2018) bir tedarik dağıtım ağı oluşturmak için iki seviyeli gürbüz bir optimizasyon modeli geliştirmiştir. Çalışmada her tedarikçinin risk değeri TOPSIS yöntemi ile elde edilmekte ve daha sonra bu değerler uygun tedarikçilerin seçimi ve siparişleri tahsis etmek için modelde kullanılmaktadır.

Fikar ve diğ. (2016), afetlerin benzetimini yapan bir karar destek sistemi geliştirmek ve yardım ürünlerinin transfer noktaları üzerinden talep noktalarına dağıtımını planlamak amacıyla karma tam sayılı bir matematiksel model, etmen tabanlı benzetim, sezgisel ve metasezgisel yöntemler kullanmıştır.

2.1.2.5 Karar destek sistemi içeren çalışmalar

Karar destek sistemleri, karar verme sürecinde, yönetime destek vermek amacıyla geliştirilmiş olup bilginin üretimi ve sunumu için kullanıcı etkileşimli yazılım ve donanım araçlarının bütünleşik kümesinden oluşan bilgi sistemleridir. Karar destek sistemleri, yöneticilerin bilgi eksikliğini gidererek kararlarının kalitesini geliştirebilmelerine olanak sağlar. Özellikle taktik ve stratejik seviyelerdeki karar vericiler, sık sık karmaşık faktörlerin bulunduğu ve bunların incelenmesinin insan yeteneğinin ötesinde olan karmaşık kararlarla karşılaşır. Bu tip durumlar, karar destek sistemleri kullanımı için uygundur (Long, 1989). Karar destek sistemleri ile desteklenen karar verme süreçleri çoğunlukla çok kriterli karar verme tekniklerine dayalıdır ve insani yardım lojistiğinde karar destek sistemi içeren çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Roh ve diğ. (2013), insani yardım depo yerlerinin belirlenmesindeki kritik faktörleri AHS ile belirleyerek deneysel olarak tanımlamıştır. Çalışmada, bu alandaki uluslararası kuruluşların uzmanlarıyla görüşülerek sistematik bir karar hiyerarşisi önerilmiştir.

Roh ve diğ. (2015), afet sonrası kullanılacak depoların konumlandırılmasını hem makro (bölge ve ülke bazında), hem de mikro (hızlı yer seçimi) açılarından incelemektedir. İki vaka uygulaması yapılan çalışmada ilk vakada, yöneticilerle görüşerek bölgesel seviyede depo konumlandırma analizi için veri elde edilmiştir. İkinci vakada ise farklı organizasyonlardan paydaşların görüşleri alınarak Dubai’de belirlenen bir bölgenin AHS ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve bulanık TOPSIS ile sıralama yapılmıştır. Çalışmada bulanık mantık kullanılarak sözel değerlerin belirsizliği göz önüne alınmıştır.

Zhou ve diğ. (2011), acil durum yönetiminin etkinliğini belirleyen faktörleri ve bu faktörler arasındaki ilişkileri incelemiştir. Kritik faktörlerin belirlenmesi için bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır.

Chakravarty (2014), afet öncesi ve sonrası ürünlerin konumlandırılması için iki aşamalı bir karar destek modeli önermiştir. Liang ve diğ. (2012), afet sonrası müdahale aşamasında malzeme yönetiminin etkinliğini ve performansını arttırmak için yeni bir kontrat seçenek mekanizması geliştirmiştir.

Hadiguna ve diğ. (2014), afet sonrası tahliye sırasında kullanılacak kamu tesislerinin fizibilitesini belirleyen bir karar destek sistemi oluşturmuştur. Karar modeli, kamu binalarının tahliye merkezi olarak kullanımının uygunluğunun belirlenmesinde internet ortamından yardım almaktadır. İlk aşamada nitelikler seçilip tanımlanmış ve Endonezya için bir uygulama çalışması hazırlanmıştır.

Rodriguez ve diğ. (2010), devletle bağlantısı olmayan sivil insani yardım organizasyonlarının doğal afetlere müdahale operasyonlarına yardım etmek için bir karar destek modeli önermiştir.

Liberatore ve diğ. (2014), afet sonrası dağıtım ağında zarar gören elemanların düzeltilmesi ve iyileştirilmesi için yapılan planlamada, dağıtım ağından maksimum faydayı elde etmeyi sağlayacak çok kriterli bir karar destek modeli geliştirmiştir.

Bozorgi-Amiri and Asvadi (2015); ulaşılabilirlik, risk, teknik konular, maliyet ve kapsama kriterlerini göz önüne alarak afet yardım lojistik merkezlerinin yer seçimi için AHS yöntemini kullanmıştır. Çalışmada önerilen modelin, Tahran için uygulaması yapılmıştır.

2.1.2.6 Simülasyon kullanılan çalışmalar

Simülasyon, gerçek bir sistemin davranışlarını anlamak veya değişik stratejileri değerlemek amacı ile bu model üzerinde denemeler yapmaktır. Simülasyon ile modelleme ise bir uygulama yöntemi olup belirli bir teori veya hipotez kurulması, sistemin davranışlarının önceden kestirimi için bu kurulan teoriden faydalanılması ve böylece sistemin ilerleyen dönemdeki davranışını tanımlayabilmesine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte insani yardım lojistiği yazınında çok fazla kullanımı tercih edilen bir yöntem olmadığı görülmektedir.

Lin ve diğ. (2012), simülasyon ile daha önce kurulmuş olan bir insani yardım modelinin senaryo uygulamasını yapmıştır. Çalışmada 1994 Northridge depremi simüle edilmiş ve yardım faaliyetleri için en gerekli girdiler tanımlanabilmektedir. Yardım lojistiği çalışmalarında kullanılabilecek bu parametrelerin etkileri duyarlılık analizleri ile test edilmiştir.

Yi ve Zhu (2014) kimyasal felaketlerle mücadelede simülasyon ve yayılma modellerinin önemini vurgulamıştır. Çalışmada, kimyasal çoklu felaketlerin ağ yapısı oluşturulmuş ve farklı durumlarla ilgili benzetim uygulaması yapılmıştır.

Massei ve diğ. (2014) insani kriz yönetimlerinde farklı insan davranışlarını, farklı faktörlerdeki farklı kriz senaryolarında oluşan ilişkileri göz önüne alabilen bir simülasyon çalışması yapmıştır.

2.1.2.7 Model kullanılmayan çalışmalar

Bu bölümde incelenen çalışmalar arasında model kullanılmayan ve daha çok mevcut durumları analiz ederek ve kavramsal olarak insani yardım lojistiği yazınına katkı sağlayan çalışmalara yer verilmiştir.

Balcik ve diğ. (2010), insani yardım zincirlerinin koordinasyonundaki zorluklar ve afet yardımında var olan ve yeni ortaya çıkan koordinasyon çalışmaları tanımlanmıştır. Ayrıca geniş yapılı tedarik koordinasyon mekanizmaları incelenmiş ve benzeri olmayan yardım çevrelerine uyumluluğu değerlendirilmiştir.

Holguín-Veras ve diğ. (2012) afet sonrası insani yardım lojistiğinin özelliklerini ve yine Holguín-Veras, Jaller ve Wachtendorf (2012) yaptıkları başka bir çalışmada Haiti depreminden sonra uygulanan insani yardım lojistiği yapılarının performanslarını analiz etmiştir. Tekrar Holguín-Veras ve diğ. (2013) afet sonrası insani yardım lojistik modellerinde amaç fonksiyonu olarak, lojistik ve elde bulunmama maliyetinin toplamından oluşan bir sosyal maliyetin tercih edilmesi önermiştir.

Tatham ve Kovács (2010), hızlı gelişen felaketlerdeki yardım operasyonlarının geliştirilmesi için hızlı güvenin daha iyi anlaşılması ve oluşturulması için bir model önermiş ve güven inşasındaki potansiyel kolaylaştırıcı etkenleri ortaya çıkarma koşullarını incelemiştir.

Gatignon ve diğ. (2010), en uygun tedarik zincirinin nasıl tasarlanacağı üzerine bir çalışma yapmış ve Uluslararası Kızılhaç Federasyonu'nun merkezi olmayan bir tedarik zinciri süreç uygulamasını analiz etmişlerdir. Martinez ve diğ. (2011), dört büyük insani yardım organizasyonunun araç filosu yönetim tekniklerini inceleyerek bu alandaki durumu incelemiştir. Ergun ve diğ. (2010), afet sonrası müdahalede çok iyi olduğu bilinen ABD'li bir restoran zincirinin afet müdahale stratejilerini ve yöntemlerini vaka çalışması olarak incelemiştir. Costa ve diğ. (2012), afete hemen yanıt verebilmek için insani operasyonların hızlı bir şekilde hazırlanması ihtiyacını göz önüne alarak, dört büyük uluslararası felaketin acil durum yardım dağıtımı için geliştirilen lojistik prosedürlerin analizini yapmış ve insani operasyonlar tanımlandığında tedarik zinciri dağıtım süreci için modelin benzer olaylarda hızlı yanıt

vermesini sağlayabilecek önerilerde bulunmuştur. Bastos ve diğ. (2014), afet müdahale işlemlerindeki lojistik kavramları ve uygulanan yöntemlerin değerlendirmesini yapmış ve insani yardım operasyonlarında kullanılacak lojistik süreçler için bir eylem kümesi önermiştir. Kunz ve diğ. (2014) farklı afet müdahale stratejilerinin performanslarını sistem dinamik modelleme yaklaşımıyla karşılaştırmış, senaryoların hangi durumlarda daha iyi sonuç verildiği analiz etmiştir.

Heaslip ve diğ. (2012), sistem analizi ve tasarım teknikleri kullanılarak, sivil ve askeri güçler arasında insani yardım faaliyetlerinde daha etkili bir iş birliği kurulmasını amaçlayan bir çalışma yapmıştır. Aynı zamanda çalışmada, askeri ve insani organizasyonların ortaklık değerlendirme kriterleri ile ilgili deneysel karşılaştırmalar da yapılmıştır. Kaynak ve Tuger (2014), afet koordinasyon operasyonlarındaki iş birliğini oluşturan grupları incelemiş ve İstanbul için yeni bir koordinasyon modeli önermiştir.

Collins (2013), afet risk azaltma ilkeleri ve çevresel değişim kaynaklı göçlerin uygulama mekanizmalarıyla ilgili çalışmaları analiz etmiştir. Bu durumlarda geçerli olan ilkeler belirleyerek, yanlış yönetilme ve iletişim sorunlarından kaçınılmasına engel olunması amaçlanmıştır.

İvgin (2013) tesis yeri seçimi ve afet yardım lojistiği, afet riski azaltma ile stokastik, tamsayı programlama modellerini içeren bir yazın taraması yapmıştır. Caunhye ve diğ. (2012), acil durum lojistiği yazınındaki çalışmalarını model tiplerine, kararlara, amaç ve kısıtlar açısından analiz etmiştir. De la Torre ve diğ. (2012), afet yardım rotalamasında yapılan akademik çalışmaları sınıflandırmış ve var olan uygulamalardaki eksiklikleri belirlemiştir. Jia ve diğ. (2007), geniş çaplı acil durumlarda tesis yeri seçimi için kullan temel modelleri sınıflandırıp incelemiş ve belirli bir bölgeden elde edilen verileri bu modellerde kullanarak elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır. Gutjahr ve Nolz (2016), yazındaki insani krizlerin ve afetlerin yönetiminde kullanılan çok kriterli optimizasyon çalışmalarını incelemiştir. Çalışmaya göre bu insani yardım çalışmalarındaki kriterler maliyet, müdahale süresi, uzaklık, kapsama, güvenilirlik, güvenlik, eşitlik ve psikolojik maliyettir. Bununla birlikte incelenen yazın çalışmalarında kullanılan model türleri ve yöntemler de gruplanarak verilmiştir.

Bozkurt ve Duran (2012), doğal afetlerin gerçekleşme sıklıklarının insani yardım kuruluşlarının önceden ürün konumlandırma ağına etkisi araştırılmıştır. Özel bir insani yardım organizasyonundan elde edilen veriler ile yapılan uygulama ile ilave depo yerlerinin belirlenmesine ihtiyaç olup olmadığı değerlendirilmiştir.

2.1.2.8 İstatistiksel yöntemler

İncelenen çalışmalar arasında istatistiksel yöntem kullanan sadece üç çalışmaya rastlanmıştır. Morrison ve Oladunjoye (2013), üretim sektöründeki yöneticilerin doğal afet hazırlık planlarıyla ilgili duruşlarını incelemek için yöneticilere çevrimiçi bir anket yapılmış ve ardından bu anketlerin analizi için tanımlayıcı istatistikler çıkarılmış ve Kruskal-Wallis testi yapılmıştır. Coles ve diğ. (2012), depreme müdahale aşamasında farklı kurumların birlikte koordineli çalışma düzeyini analiz etmek adına, Haiti depreminin hemen ardından acil durum yönetiminde birlikte çalışan kurumlarla anket ve görüşmeler yapmıştır. Bununla birlikte çalışmada, sadece verilerin yüzdesinden yararlanılmış ve gruplamalar yapılmıştır. Moroto ve diğ. (2018), Bangladeş'te görev alan sivil toplum örgütlerinin son yedi yıldaki mekânsal dağılımını coğrafi bilgi sistemi ile incelemiş ve proje yer seçimine ilişkin kararları etkileyen olası faktörleri analiz etmek için lojistik regresyon kullanmıştır.

2.1.2.9 Model kullanılan çalışmaların sınıflandırılması

İnsani yardım lojistiği ile ilgili incelenen çalışmaların sınıflandırma sonuçlarına göre; 123 çalışmada ilgilenilen problemlerin çözümü için 24'ünde (%19,5) sadece matematiksel programlama, 20'unda (%16,3) stokastik modelleme, 7'sinde (%5,7) sezgisel modeller, 37'sinde (%30,1) melez yöntemler, 3 adet (%2,4) çalışmada simülasyon, 9 çalışmada (%7,3) karar destek sistemi, 3 adet çalışmada (%2,4) istatistiki teknikler kullanılırken 20 adet (%16,3) çalışmada ise model kullanılmamıştır.

Melez modellerin içinde 18 çalışmada (%14,6) matematiksel ve sezgisel modeller birlikte kullanılırken, 4 çalışmada (%3,3) stokastik ve matematiksel modeller, 4 adet çalışmada (%3,3) stokastik ve sezgisel modeller birlikte kullanılmıştır. Yine 4 çalışmada (%3,3) çok kriterli karar verme yöntemleri ve bulanık mantık birleştirilirken, 1 çalışmada (%0,8) da stokastik model ve simülasyon birlikte kullanılmıştır. 2 adet (%1,6) çalışmada matematiksel model ve bulanık mantık birleştirilerek bulanık modeller kullanılırken, 2 çalışmada (%1,6) da çok ölçütlü karar

verme yöntemleri ile stokastik model birlikte kullanılmıştır. 1 çalışmada (%0,8) ise hem sezgisel ve matematiksel model kurulmuş hem de simülasyon çalışması yapılmıştır. 1 çalışmada (%0,8) ise RFID teknolojisi ile stokastik modelleme birleştirilmiştir.

Buna göre yapılan çalışmalarda en çok kullanılan yöntemler sırasıyla melez yöntemler, matematiksel programlama, konseptsel analizler (model kullanılmayan çalışmalar) ve stokastik programlama, karar teorisi, sezgisel yöntemler, simülasyon, bulanık mantık ile istatistiktir. Buna göre yazında insani yardım lojistiği ile ilgili problemlerin tek bir yöntem ile çözümü yerine, farklı yöntemler birleştirilmesinin tercih edildiği görülmektedir. Bu melez modellerin içindeki en büyük ağırlık ise matematiksel ve sezgisel modellerdir. Buna göre matematiksel modelin eksik kaldığı, çözümün uzun zaman aldığı durumlarda sezgisel modellerle çözüme ulaşılmaya çalışıldığı görülmektedir. Yazında ikinci en büyük oran ise konseptsel analizlerdir. Diğer bir deyişle, insani yardım lojistiği ile ilgili kavramların ve stratejilerin oluşturulması amacıyla yapılan çalışmalar çok yüksek orandadır. Buna göre sadece model kurmanın dışında strateji geliştirme, koordinasyon ve performans gibi konuların da dikkate alındığı söylenebilir. Bunun yanında stokastik modeller de belirsizlikler ile başa çıkmada en çok tercih edilen yöntemlerden birisidir.

Yazında incelenen çalışmalarda genel olarak teorik çalışmaların oranının çok yüksek olduğu ancak uygulama yapılan çalışmaların is mevcut olsa da yeterli düzeyde olmadığı söylenebilir. Çalışmalar genellikle sadece model geliştirme ve hipotetik örnek çözümü şeklinde yapılmaktadır. Bu bakımdan ilgi model ve çözüm yöntemlerinin gerçek hayat uygulamalarının daha fazla yapılması gerektiği görülmektedir.

2.2 İnsani Yardım Lojistiğinde Dağıtım Merkezi Yer Seçimi Çalışmaları

İnsani yardım lojistiğinde Bölüm 2.1’de belirtildiği üzere tahliye, yer seçimi, ürün rotalama gibi çok farklı konularda çalışmalar yapılmaktadır. Bununla birlikte yer seçimi çalışmaları da insani yardım lojistiği çalışmalarının en önemli alt gruplarından birisidir. İnsani yardım lojistiği çalışmalarında sağlık merkezi, barınak ve depo/dağıtım merkezi gibi farklı tesisler için yer seçimi çalışmaları yapılmaktadır. Bu tez çalışmasında ise afet sonrası yardım ürünlerinin afetzedelere ulaştırılmasında kullanılacak dağıtım merkezi yer seçimi ile ilgili bir model önerilmiştir. Bununla

birlikte ADM ve GDM'lerin farklı özellikleri ve görevleri olduğundan, her iki DM türünün yer seçimi için yazında kullanılan kriterler ayrı olarak incelenmiştir. Buna göre, afet yönetiminde DM yer seçimi yapılan çalışmaların çözüm yöntemine bakılmaksızın, çalışmalarda varsa kullanılan kriterler ile kriter olmayan ve sadece model kullanılan çalışmalardaki model amaçları kriter olarak kabul edilmiştir.

2.2.1 Yazında kullanılan ADM yer seçimi kriterleri

ADM yer seçimi ile ilgili yazında incelenenler arasında 18 adet çalışmaya rastlanmış ve bu çalışmalarda kullanılan kriterler Çizelge 2.1'de verilmiştir. Buna göre yazında ADM yer seçimi için kullanılan ana kriterler; maliyet, ulaşım, altyapı, ofis olanakları, kapsanan talep miktarı, depo olanakları, coğrafi konum, sosyoekonomik gelişim düzeyi, yönetim, iklim, güvenlik, emniyet, gaz sıkışma tehlikesi, ulusal istikrar ve kurumlar arası iş birliğidir.

Afet yönetimi ve insani yardım lojistiği kapsamında yapılan operasyonlar insan hayatını doğrudan etkilediğinden, maliyet kriterinin genellikle diğer kriterlere kıyasla daha önemsiz olduğu düşünülmektedir. Buna karşın, afet lojistik ağı kurulurken bütçe kısıtı genellikle oldukça önemli kabul edilmektedir. Bu düşünce ile paralel olarak, afet sonrası DM yer seçimi probleminde maliyet kriteri yazın taramasında 11 adet (%61,1) çalışmada bulunmakta olup en fazla kullanılan kriterdir. Depo açılış maliyeti, depolama maliyeti, taşıma maliyeti ve işgücü maliyeti olmak üzere farklı maliyet türleri yazındaki ADM yer seçimi çalışmalarında yer almıştır. Depo açılış maliyeti, yeni bir depo kurulumunda arsa alımı ve inşası için gerekli olan maliyettir ve 7 çalışmada yer alarak ADM yer seçim yazın taramasında en fazla kullanılan maliyet alt türüdür. Taşıma maliyeti ise DM'lerde tutulan yardım malzemelerinin tedarikçilerden afetzedelere veya GDM'lere ulaştırılması ile ilgili maliyetlerdir ve 6 çalışma ile yazında en fazla kullanılan ikinci maliyet türüdür. Bununla birlikte yazındaki bazı çalışmalar; gerekli donanımların temini, ürün taşıma maliyetleri gibi ürün taşımada karşılaşılan çeşitli maliyetleri operasyonel maliyet başlığı altında birleştirmiştir (Gutjahr ve Nolz, 2016). Depolama maliyeti, yardım malzemelerinin bakımı, korunması ve yenilenmesi ile ilgili harcamaları kapsamaktadır. İşgücü maliyeti ise, dağıtım merkezlerindeki insan gücü ile ilişkili ücret bordrosu olarak tanımlanmakta olup yazında sadece Roh ve diğ. (2013) ve Roh ve diğ. (2015) tarafından yapılan toplam iki adet çalışmada dikkate alınmıştır.

ADM yer seçiminde ulaşım kriterini incelenen çalışmaların 6'sı (%33,3) dikkate almıştır. Bunların arasında Noham ve Tzur (2018) sadece ulaşım başlığı altında konuyu ele alırken, diğer beş çalışma kara yolu, deniz yolu gibi ulaşımın farklı modlarını da dikkate almıştır. Ulaşım kriteri, genel anlamda yardım malzemelerinin tedarikçilerden ana dağıtım merkezine farklı ulaşım türleri ile ulaşılabilirliğini kapsamaktadır. Depo olarak seçilecek yer, yardım malzemelerine ulaşmada farklı taşıma türlerini kullanabilmeli ve güvenilir bir nakliye altyapısı oluşturulmasına olanak tanımalıdır. Bu bağlamda Turgut ve diğ. (2011), Roh ve diğ. (2013), Roh ve diğ. (2015); ADM'nin karayoluna yakınlığının yanında havaalanlarından ve limanlardan olan uzaklığını da dikkate almıştır. Bununla birlikte yazında en sık kullanılan ulaşım türü karayoludur. Brito Jr. ve diğ. (2016), Salman ve Yucel (2015), Verma ve Gaukler (2015), Moroto ve diğ. (2018), Vahdani ve diğ. (2018) ise çalışmalarında ayrıca ulaşılabilirlik alt kriterini de kullanmıştır. Ulaşılabilirlik, temel olarak yardım ürünlerinin ilgi kaynaktan ADM'ye taşınmasında belirlenen rotanın kalitesini içermektedir. Bunun yanında Roh ve diğ. (2013) ile (2015), ADM çevresindeki aydınlatmayı, kaldırım koşullarını da erişilebilirlik kriterinde dikkate almıştır.

Yazında genellikle bir ADM'nin afetten etkilenmediği varsayılmakta ve doğrudan afet bölgesi içerisinde yer alması beklenmese de, afetzedelere yakın olunması tercih edilmektedir. Bu açıdan coğrafi konum kriteri 5 adet (%27,8) çalışmada kullanılmıştır. Bununla birlikte, Roh ve diğ. (2013), (2015) ile Turgut ve diğ. (2014)'nin çalışmalarında, ADM'lerin lojistik merkezler, hastane ve Sivil Savunma Bölge Müdürlükleri gibi belirlenen stratejik noktalara yakın olması istenmektedir. Roh ve diğ. (2013), (2015) ile Turgut ve diğ. (2014), Gözaydın ve Can (2013), Camacho-Vallejo ve diğ. (2015), Moroto ve diğ. (2018) açılan ADM'lerin sadece afetzedelere yakın olmasını isterken; Ahmadi ve diğ. (2015), Tofghi ve diğ. (2016), Camacho-Vallejo ve diğ. (2015), Vahdani ve diğ. (2018), Celik ve Gumus (2016) ise çalışmalarında ADM ve GDM'ler arası toplam dağıtım süresi ile uzaklık gibi kavramları dikkate almıştır.

Afet yönetiminde kullanılacak DM'lerin altyapısının yardım malzemelerinin depolama, tasnifleme, yükleme ve boşaltma işlemlerinin etkin bir şekilde yapılmasına

Çizelge 2.1: Yazında kullanılan ADM yer seçim kriterleri.

Ana Kriter	Alt Kriter	Gözaydın ve Can (2013)	Turgut ve diğ. (2014)	Brito Jr. ve diğ. (2016)	Roh ve diğ. (2013)	Ahmadi ve diğ. (2015)	Salman ve Yucel (2015)	Tofighi ve diğ. (2016)	Afshar ve Haghani (2012)	Salmeron ve Apte (2009)	Camacho-Vallejo ve diğ.(2015)	Verma ve Gaukler (2015)	Roh ve diğ. (2015)	Rahmani ve diğ.(2018)	Tavana ve diğ. (2017)	Noham ve Tzur (2018)	Moroto ve diğ. (2018)	Vahdani ve diğ.(2018)	Celik ve Gumus (2016)
Maliyet			x	x	x	x		x			x	x	x	x	x			x	
	Depo açılış maliyeti		x		x	x							x	x	x			x	
	Depolama maliyeti				x								x		x			x	
	Taşıma maliyeti				x			x			x		x		x			x	
	İşgücü maliyeti				x								x						
Ulaşım		x	x		x								x			x	x		
	Kara yolu	x	x		x								x				x		
	Deniz yolu		x		x								x						
	Hava yolu		x		x								x				x		
	Ulaşılabilirlik			x			x					x					x	x	
Coğrafi konum		x	x		x								x				x		
	Afetzedelere yakınlık	x	x		x						x		x				x		
	Potansiyel noktalara yakınlık		x		x								x						
	GDM Ulaşım Süresi					x		x			x							x	x
	Bölgenin afet riski				x								x						

Çizelge 2.1 (devam): Yazında kullanılan ADM yer seçim kriterleri.

Ana Kriter	Alt Kriter	Gözyaydn ve Can (2013)	Turgut ve diğ. (2014)	Brito Jr. ve diğ. (2016)	Roh ve diğ. (2013)	Ahmadi ve diğ. (2015)	Salman ve Yucel (2015)	Tofighi ve diğ. (2016)	Afshar ve Haghani (2012)	Salmeron ve Apre (2009)	Camacho-Vallejo ve diğ. (2015)	Verma ve Gaukler (2015)	Roh ve diğ. (2015)	Rahmani ve diğ. (2018)	Tavana ve diğ. (2017)	Noham ve Tzur (2018)	Moroto ve diğ. (2018)	Vahdani ve diğ. (2018)	Celik ve Gumus (2016)
Depo Olanakları													x						x
	Depo alet&araçlarının uygunluğu																		x
	Isıtma ve soğutma sistemlerinin uygunluğu																		x
	Raf ve çatı sistemlerinin uygunluğu																		x
Ofis Olanakları													x						
Altyapı			x	x															
	Bilişim altyapısı		x																
	Enerji altyapısı		x																
	Su altyapısı		x																
	Hijyen koşulları			x															
Kapsanan Talep Miktarı						x	x		x	x	x	x							
Yönetim				x															
	Sivil savunma bölge müdürlüğüne yakınlık			x															
	İnsan kaynakları			x															

Çizelge 2.1 (devam): Yazında kullanılan ADM yer seçim kriterleri.

Ana Kriter	Alt Kriter	Gözüydin ve Can (2013)	Turgut ve diğ. (2014)	Brito Jr. ve diğ. (2016)	Roh ve diğ. (2013)	Ahmadi ve diğ. (2015)	Salman ve Yucel (2015)	Tofighi ve diğ. (2016)	Afshar ve Haghani (2012)	Salmeronve Apte (2009)	Canacho-Vallejo ve diğ.(2015)	Verna ve Gaukler (2015)	Roh ve diğ. (2015)	Rahmani ve diğ.(2018)	Tavana ve diğ. (2017)	Noham ve Tzur (2018)	Moroto ve diğ. (2018)	Vahdani ve diğ.(2018)	Celik ve Gumus (2016)
İklimin Uygunluğu		x	x		x								x						
Güvenlik													x						
Emniyet				x															x
İklimin Uygunluğu		x	x		x								x						
Gaz Sıkışma Tehlikesi																			
Sosyoekonomik Gelişim Düzeyi		x				x											x		
Ulusal İstikrar					x								x						
	Politik istikrar				x								x						
	Sosyal istikrar				x								x						
	Ekonomik istikrar				x								x						
Kurumlar Arası İşbirliği					x								x						
	Sivil toplum kuruluşları				x								x						
	Ülke hükümeti				x								x						
	Komşu ülkeler				x								x						

olanak sağlayabilmesi beklenmektedir. Bu nedenle belirli bir kapalı alan kapasitesinin bulunmasının yanında, araçları stoklamak için açık depolama alanı, yükleme alanları, projektörleri ve her iki uçta kapıları bulunan tesislerin DM olarak kullanılması tercih edilmektedir. Buna paralel olarak "depo olanakları" kriteri, Roh ve diğ. (2015) ile Çelik ve Gümüş (2016) tarafından ADM'lerde yükleme, depolama ve genel işlemler için uygun altyapı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca Çelik ve Gümüş (2016), depo olanaklarının uygunluğu kriterinin alt kriteri olarak; depo araç ve araçlarının uygunluğu, ısıtma-soğutma sistemlerinin uygunluğu ile raf ve çatı sistemleri uygunluğunu kullanmıştır.

Turgut ve diğ. (2011) ile Brito Jr ve diğ. (2016) "altyapı"yı, ADM yer seçimi problemi için nitel bir kriter olarak kullanmaktadır. Ancak, bahsi geçen makaleler tamamen farklı altyapı anlayışına ve alt kriterlerine sahiptir. Turgut ve diğ. (2011)'in altyapı kriteri; bilgi teknolojileri, su ve enerji altyapısı alt kriterlerini dikkate alırken, Brito Jr ve diğ. (2016) bu kriteri; güvenlik, hijyen ve depolama ortamı ile erişilebilirlik alt kriterleri ile yapılandırmıştır. Ayrıca, Brito Jr ve diğ. (2016)'nın çalışması, yardım malzemelerinin bozulmasını önlemek için sıcaklık, nem gibi saklama koşullarını ve sorunsuz depolama işlemlerini karşılamayı amaçlayan hijyen ve saklama ortamı koşulları ölçütünü dikkate alan tek makaledir.

Roh et al (2015), diplomatik işlerin DM özelliklerinden ayrılmaması gerektiğini belirtmiş ve ADM seçimi için ofis olanakları kriterini önermiştir. Bu ölçüt, uluslararası aramalara ve telekonferanslara olanak sağlayan iletişim altyapısı ile diplomatik çalışma için uygun tesisleri ifade etmektedir.

Afet sonrası karmaşık ve öngörülemeyen ortam düşünüldüğünde afet yardım operasyonlarında güvenlik kriterinin kritik bir öneme sahip olduğu açıktır. İnsani yardım operasyonları, bu ortam nedeniyle genelde yağma ve hırsızlık tehdidi altındadır. Karar vericiler, DM'nin yerinin ve olanaklarının yardım malzemelerini depolamak için yeterince güvenli olduğundan ve hırsızlık veya yağma olaylarının önlenmesini sağlayabileceğinden emin olmalıdır. Bu nedenle, bir DM'de kapalı devre kamera sistemi, yangın alarm sistemleri ve güvenlik görevlilerinin bulunması bu tesislerin tercih edilmesini sağlayan niteliklerdir. DM'de meydana gelebilecek herhangi bir olayda yangın, karakol, hastane gibi acil servislere yakın olması da tercih edilmektedir (Roh ve diğ., 2015). Ek olarak, bir yardım dağıtım planını, ana dağıtım kanalları ve konumları iyi korunacak şekilde düzenleyerek güvence altına almak son

derece önemlidir (Vitoriano ve diğ., 2011). Bu kritik önemine karşın, yazında güvenlik kriterini dikkate alan makaleler çok azdır ve gerçek hayata uyumlu uygulamalar açısından daha çok kullanılması gerektiği söylenebilir.

Ayrıca karşılanan talep miktarı da, yazında en önemli ve sık kullanılan kriterlerden birisidir. Bununla birlikte ADM ve GDM'ler arası ulaşım da beş adet makalede dikkate alınmıştır. Diğer bir deyişle ADM yer seçimi çalışmalarında, GDM ve talep noktaları arasındaki ulaşımın rahat ve hızlı olması, ihtiyaç sahiplerine mümkün olduğunca fazla sayıda yardım ulaştırılması istenmektedir.

Ekvator bölgesindeki tayfun mevsimleri veya bazı bölgelerdeki şiddetli kar yağışı gibi aday DM konumlarının iklimi kriteri de, Turgut ve diğ. (2011), Roh ve diğ. (2013), Roh ve diğ. (2015)'in çalışmalarında yer seçimi sürecinde dikkate alınmıştır.

Bunların dışında, yazında ADM'lerin genellikle afetten etkilenmediğini varsayılmaktadır; ancak Brito Jr ve diğ. (2016) ile Çelik ve Gümüş (2016) bunun aksini varsaymış ve doğal afetlerden etkilenerek gerçekleştirilemeyen operasyonlar nedeniyle "emniyet ve doğal tehlikeler" kriterini kullanmıştır. Bu kriter temel olarak fay hattına yakınlık ile ilgilidir. Gaz sıkışma tehlikesi kriteri ise tıkanıklık ve CO₂, NO₂, vb. gaz emisyonlarının patlama tehlikesi ile ilişkilidir ve emniyetli bir ortamda çalışmak için önemlidir.

Ahmadi ve diğ. (2015), Gözaydın ve Can (2013) ile Moroto ve diğ. (2018) ise ADM yer seçimi için sosyoekonomik gelişmişlik düzeyi kriterini kullanmıştır. Roh ve diğ. (2013) ile Roh ve diğ. (2015), diğer çalışmalardan ayrı olarak, ADM yer seçimlerinde sivil toplum kuruluşları, ülke hükümetleri ve komşu ülkeler için kurumlar arası iş birliği kriteri ile sosyal, ekonomik ve politik alt kriterlerinden oluşan ulusal istikrar kriterini dikkate almıştır.

2.2.2 Yazında kullanılan GDM yer seçimi kriterleri

GDM yer seçimi ile ilgili 42 adet çalışma incelenmiş ve detaylar Çizelge 2.2'de verilmiştir. Buna göre yazında GDM yer seçiminde en fazla dikkate alınan kriter, 27 adet (%64,2) çalışmada yer alan karşılanan talep miktarıdır. 5 çalışmada (%11,9) ise benzer bir kriter olan karşılanmayan talep maliyeti kullanılmıştır. En sık kullanılan ikinci kriter ise 25 çalışmada (%59,5) yer alan GDM ve afetzedeler arasındaki ulaşım süresidir; benzer bir kriter olan GDM ve afetzedeler arasındaki ulaşım maliyeti ise 9 adet (%21,4) çalışmada kullanılmıştır. Üçüncü en yaygın kullanılan kriter, 18

çalışmada (%42,9) kullanılan ADM ve GDM arası ulaşım maliyeti olurken; dördüncü ise GDM açılış ve işletme maliyeti olup 14 (33,3) çalışmada kullanılmıştır. Talep noktaları arasında “adil dağıtım” insani ve etik açıdan afet lojistiğinde önemli bir kriter olmasına karşın sadece 7 adet (%16,7) çalışmada dikkate alınmıştır. ADM ve GDM arası ulaşım süresi ise sadece 4 çalışmada (%9,5) kullanılmıştır. Buna göre yazındaki çalışmalarda ADM ve GDM arası süreden çok, oluşan maliyetle ilgilenilmektedir. Kullanılmayan ürün maliyeti kriteri ile de 5 adet (%11,9) çalışmada karşılaşılmıştır. Bunların yanında güvenilirlik, emniyet ve güvenlik kriterlerine sadece 2 çalışmada rastlanılmıştır. Yazında sadece birer makalede karşılaşılan kriterler ise GDM’lerdeki yükleme ve boşaltma maliyeti, ürün tedarik riski, öncelikli talep ile iklimdir.

Özetlemek gerekirse, yazındaki GDM yer seçim çalışmalarında en fazla karşılanan talep miktarı kriteri tercih edilirken, ikinci olarak GDM ve afetzedeler arasındaki ulaşım süresi/uzaklığı, üçüncü olarak da ADM ve GDM’ler arası ulaşım maliyetine odaklanılmıştır. Buna göre GDM yer seçiminde öncelikle olabilecek en fazla ihtiyacın giderilmesine, ardından ürünlerin hızlı şekilde ihtiyaç sahiplerine ulaştırılmasına ve ardından ADM ve GDM arası oluşan maliyetin mümkün olduğunca azaltılmak istendiği söylenebilir. GDM seçiminde en az kullanılan kriterler ise yükleme ve boşaltma maliyeti, ürün tedarik riski, öncelikli talep ile iklimdir.

GDM yer seçiminde uzaklık ve süre; yazında genellikle ADM ve GDM’ler arası mesafe ile GDM ve afetzedeler arasındaki mesafe olarak iki grupta incelendiği söylenebilir. Ayrıca, ADM yer seçiminde bulunmayan adil dağıtım, öncelikli talep, ürün tedarik riski, karşılanmayan talep maliyeti, kullanılmayan ürün maliyeti kriterleri yazında kullanılmıştır. Bunların arasından belki de en önemlisi ve insani yardım lojistiğini ticari lojistikten ayıran etmen olan adil dağıtımdır. Bu kriter, her bölgeye ve talep noktasına eşit oranda dağıtım yapılmasını gerektirmektedir. Afetzedeler arasında bir zümreye veya bölgeye daha fazla ve yüksek oranda dağıtım yapılarak iltimas geçilemeyeceği gibi, diğer bölgelerden belirgin oranda daha az dağıtım yapılarak da insani ihtiyaçlardan mahrum bırakılamaz. Bu önemli ve etiğe dayalı kriter, yazın taramasındaki çalışmaların sadece %16,7’sinde kullanılmıştır. Karşılanmayan talep maliyeti, afet sonrasında ihtiyaç duyulan ürüne ulaşamayan kişiler için oluşturulmuştur ve bu maliyetin olabildiğince az olması istenmektedir. Bu açıdan karşılanan talep miktarı ile benzer olduğu söylenebilir. Kullanılmayan ürün maliyeti ise GDM’lerde kalan ve afetzedelere ulaştırılmayan ürün sayısı ile ilgilenmektedir.

Çizelge 2.2: Yazında kullanılan GDM yer seçim kriterleri.

Geçici Dağıtım Merkezi	Widener ve Homer (2011)	Rath ve Gutjhar (2014)	Vitoriano ve diğ. (2011)	Gözüaydın and Can (2013)	Rennemo ve diğ. (2014)	Rottkemper ve diğ. (2012)	Florez ve diğ. (2015)	Ahmadi ve diğ. (2015)	Rancourt ve diğ. (2015)	Bell ve diğ.(2014)	Tofighi ve diğ. (2016)	Afshar and Haghani (2012)	Akgün ve diğ. (2015)	Lu (2013)	Rivera-Royero ve diğ.(2016)	Zhang ve diğ. (2013)	Naji-Azimi ve diğ. (2012)	Rekik ve diğ. (2011)	Sheu ve Pan (2014)	Cavdur ve diğ. (2016)	Abounacer ve diğ. (2014)	Gutjahr ve Dzubur (2016)	Chang ve diğ. (2007)	Ye ve diğ. (2015)	Balcık ve Beamon (2008)	Balcık ve diğ.(2010)	Görmez ve diğ. (2011)	Lin ve diğ. (2012)	Paul ve diğ. (2017)	Elçi and Noyan (2018)	Fikar ve diğ. (2016)	Cao ve diğ.(2018)	Rahmani ve diğ.(2018)	Tavana ve diğ. (2017)	Nohan and Tzur (2018)	Ebrahimi and Modam (2016)	Condeixa ve diğ. (2017)	Li ve diğ. (2018)	Baskaya ve diğ. (2017)	Safaei ve diğ.(2018)	Liu ve diğ. (2018)	Hasani ve Mokhtari (2018)	
GDM ve afetzedeler arası ulaşım maliyeti	x								x				x	x														x													x	x	
GDM ve afetzedeler arası ulaşım süresi/uzaklık	x									x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
GDM açılış ve işletme maliyeti		x					x	x	x		x											x	x			x				x	x										x	x	x
ADM ve GDM arası ulaşım maliyeti		x	x		x	x	x		x		x				x				x					x		x	x		x		x									x			
ADM ve GDM arası ulaşım süresi/uzaklık			x																														x			x							
Karşılanan talep miktarı	x			x		x	x		x		x	x			x			x		x	x	x			x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x		x	
Karşılanmayan talep maliyeti																			x									x													x	x	

Çizelge 2.2 (devam) : Yazında kullanılan

Geçici Dağıtım Merkezi	GDM'lerdeki yükleme & boşaltma maliyeti																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	Widener ve Horner (2011)	Rath ve Gutjhar (2014)	Vitoriano ve diğ. (2011)	Gözüaydın and Can (2013)	Rennemo ve diğ (2014)	Rotkemper ve diğ (2012)	Florez ve diğ (2015)	Ahmadi ve diğ (2015)	Rancourt ve diğ (2015)	Bell ve diğ(2014)	Tofighi ve diğ (2016)	Afshar and Haghani (2012)	Akgün ve diğ (2015)	Lu (2013)	Rivera-Royero ve diğ.(2016)	Zhang ve diğ. (2013)	Naji-Azimi ve diğ. (2012)	Rekik ve diğ. (2011)	Sheu ve Pan (2014)	Cavdur ve diğ. (2016)	Abounacer ve diğ (2014)	Gutjahr ve Dzubur (2016)	Chang ve diğ. (2007)	Ye ve diğ. (2015)	Balcık ve Beamon (2008)	Balcık ve diğ.(2010)	Görmez ve diğ. (2011)	Lin ve diğ. (2012)	Paul ve diğ. (2017)	Elçi and Noyan (2018)	Fıkar ve diğ. (2016)	Cao ve diğ.(2018)	Rahmani ve diğ.(2018)	Tavana ve diğ (2017)	Nohan and Tzur (2018)	Ebrahimi and Modam (2016)	Condeixa ve diğ. (2017)	Li ve diğ (2018)	Baskaya ve diğ (2017)	Safaei ve diğ.(2018)	Liu ve diğ. (2018)	Hasani ve Mokhtari (2018)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Adil dağıtım		x		x																								x																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Öncelikli talep kriteri, afetten etkilenen bölgeler analiz edip gruplandırılarak afetten en çok etkilendiği belirlenen bölgeye yardım ürünlerinin öncelikli olarak gönderilmesini tavsiye etmekte olup sadece bir çalışmada rastlanılmıştır. Ayrıca bu kriterin adil dağıtım kriteri ile çeliştiği söylenebilir.

GDM ve ADM yazın taraması karşılaştırıldığında, yazında her iki tür DM seçimi için ortak olarak en fazla tercih edilen kriterlerin kapsanan talep miktarı ile ADM, GDM ve afetzedeler arasındaki ulaşım süresi ve maliyeti olduğu söylenebilir. Ayrıca GDM yazınında, ADM'den farklı olarak; altyapı, ofis ve depo olanakları, kurumlar arası iş birliği, sosyoekonomik gelişmişlik düzeyi, ulusal istikrar gibi kriterler bulunmamaktadır. Bununla birlikte kara ve havayolu gibi farklı ulaşım türleri de GDM yer seçimi yazınında dikkate alınmamıştır. Maliyet kriteri açısından da GDM yer seçimi için kullanılmayan ürün maliyeti, karşılanmayan talep maliyeti, ürün yükleme ve boşaltma maliyeti gibi ADM yer seçiminde bulunmayan farklı maliyet türlerinin kullanıldığı söylenebilir. Bununla birlikte depolama ve işgücü maliyeti ise hiçbir GDM yer seçimi çalışmasında kullanılmamıştır. Yine, ADM yer seçiminde bulunmayan adil dağıtım, öncelikli talep, ürün tedarik riski, karşılanmayan talep maliyeti, kullanılmayan ürün maliyeti kriterleri GDM yazın çalışmalarında dikkate alınmıştır.



3. KULLANILAN YÖNTEMLER

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan yöntemler verilmiştir. Bu çalışmada, DM yerlerinin belirlenmesi için kapsama temelli bir çok amaçlı programlama modeli geliştirilmiş ve modelde çok kriterli karar verme yöntemi çıktıları kullanılmıştır. Bu nedenle, öncelikle kapsama temelli matematiksel modeller ve türleri, ardından da çok kriterli karar verme teknikleri olan çok amaçlı ve çok ölçütlü karar verme teknikleri verilmiştir.

3.1 Kapsama Temelli Matematiksel Modeller

Kapsama temelli modeller; bir tesisin yer seçim kararı verilirken, hizmet sağlayan tesisin, bu hizmeti yalnızca belirli bir mesafede ise yapabileceğini varsaymaktadır. Diğer bir deyişle mesafe veya ulaşım süresi için bir üst sınır tanımlanmaktadır. Bu üst sınır aşıldığında, ilgi tesisten hizmet alınamamaktadır. Örneğin ambulans çağrısı alan acil durum merkezlerinin hizmet verebilmesi için, çağrının alındığı noktaya 7 dakikadan daha yakın olması istenebilmektedir. Kapsama temelli modeller genellikle küme kapsama ve en büyük kapsama modelleri olarak ikiye ayrılmaktadır (García and Marín, 2015).

İlk kapsama temelli model; Toregas ve diğ. (1971) tarafından acil servis tesislerinin yer seçimi için aşağıdaki gibi kurulmuştur:

I talep noktaları kümesi,

J potansiyel tesis kümesi,

d_{ij} : i talep noktası ile j potansiyel tesis arasındaki mesafe veya ulaşım süresi

S : i talep noktası ile bu noktanın hizmet alacağı tesis arasındaki kabul edilebilir maksimum uzaklık

N_i : i talep noktasına hizmet verebilecek ve S uzaklığından daha az mesafede olan j potansiyel tesisler, $N_i = \{j | d_{ij} \leq S\}$.

x_j : j . Potansiyel tesis noktasının açılıp açılmadığını gösteren 0 ve 1 ikili değerlerini alan değişken. $x_j = 1$ olduğunda, j noktasında tesis açılmış olup aksi durumda 0 değerini almaktadır.

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^n x_j \quad (3.1)$$

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq 1, \forall i \in I \quad (3.2)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \forall j \in J \quad (3.3)$$

Modelde N_i , i talep noktasına hizmet verebilecek ve S uzaklığından daha az mesafede olan potansiyel tesis noktaları olup bu kümedeki noktalarda tesis açılabilmekte ve i noktasındaki talep karşılanabilmektedir. Kısıt (3.2), talep noktalarının en az bir tesis tarafından kapsanmasını sağlarken, Kısıt (3.3) tesis kurulumu ile ilgili değişkenlerin ikili değişkenler olduğunu göstermektedir.

3.1.1 Küme kapsama modelleri

Küme kapsam probleminde, her müşteri kapsanarak tesis açmanın toplam maliyeti enküçüklenmelidir (Toregas ve diğ., 1971). Her tesisin toplam maliyeti aynı ise, bu durumda amaç açılan toplam tesis sayısının minimize edilmesine eşdeğerdir. Küme kapsama problem çözümleri, genellikle, sadece birkaç tesis ile talebin önemli bir yüzdesinin karşılanmasının mümkün olduğunu ve sadece çok sayıda tesis açıldığında tam kapsamanın elde edilebileceğini göstermektedir.

I talep noktaları kümesi.

J potansiyel tesis kümesi.

S : i talep noktası ile bu noktanın hizmet alacağı tesis arasındaki kabul edilebilir maksimum uzaklık.

c_j : j potansiyel tesisinin açılması durumunda oluşacak sabit maliyet.

x_j : j . Potansiyel tesis noktasının açılıp açılmadığını gösteren 0 ve 1 ikili değerlerini alan değişken. $x_j = 1$ olduğunda, j noktasında tesis açılmış olup aksi durumda 0 değerini almaktadır.

a_{ij} : j potansiyel tesisinin i talep noktasına olan uzaklığının S değerinden az olması durumunda 1, aksi durumda 0 değerini alan ikili değişken.

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (3.4)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \geq 1, \quad \forall i \in I \quad (3.5)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \quad \forall j \in J \quad (3.6)$$

Amaç fonksiyonu açılan tesislerin toplam maliyetinin minimize edilmesidir. Tüm tesislerin açılma maliyeti aynı olduğunda ise genel kapsama temelli modeller gibi, toplam açılan tesis sayısının minimize edilmesine dönüştürülebilir. Kısıt (3.5), talep noktalarının en az bir tesis tarafından kapsanmasını sağlarken, kısıt (3.6) tesis kurulumu ile ilgili değişkenlerin 0-1 ikili değişkenleri olduğunu göstermektedir.

3.1.2 En büyük kapsama modelleri

Birçok uygulamada, mevcut kaynaklar kısıtlı olup tüm talep noktalarının ihtiyaçlarının karşılanması için yeterli değildir. Bu nedenle, Church ve ReVelle (1974), en büyük kapsama modelini geliştirmiştir. Bu model, izin verilen maksimum hizmet uzaklığı olan S uzaklığından küçük uzaklıklarda olmak koşuluyla, açılan tesislerle karşılanan talep miktarını enbüyüklemeyi amaçlamaktadır.

I talep noktaları kümesi.

J potansiyel tesis kümesi.

S : i talep noktası ile bu noktanın hizmet alacağı tesis arasında bulunması istenen maksimum uzaklık.

h_i : i talep noktasının talep miktarı.

P : Toplam açılması gereken tesis sayısı.

x_j : j . Potansiyel tesis noktasının açılıp açılmadığını gösteren 0 ve 1 ikili değerlerini alan değişken. $x_j = 1$ olduğunda, j noktasında tesis açılmış olup aksi durumda 0 değerini almaktadır.

a_{ij} : j potansiyel tesisinin i talep noktasına olan uzaklığının S değerinden az olması durumunda 1, aksi durumda 0 değerini alan ikili değişken.

z_i : i talep noktasının talebinin kapsanması durumunda 1, aksi durumda 0 değerini alan ikili değişken.

$$\text{Max } Z = \sum_i h_i z_i \quad (3.7)$$

$$z_i \leq \sum_j a_{ij}x_j \quad \forall i \in I \quad (3.8)$$

$$\sum_j x_j \leq P \quad (3.9)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (3.10)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (3.11)$$

En büyük kapsama modellerinde amaç fonksiyonu Denklem (3.7)'de verildiği gibi kapsanan talebi enbüyüklemektedir. Kısıt (3.8) bir talep noktası ile kapsama değişkenleri arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır ve i . talep noktasının en az bir tesis tarafından kapsanması gerektiğini belirtmektedir. Kısıt (3.9) en fazla P adet tesisin açılmasını sağlamaktadır. Kısıt (3.10) ve (3.11) ise bütünlük kısıtlarıdır.

3.3.3 P-Medyan Modeller

P-medyan problemi, temel olarak n adet talep noktasına hizmet verecek olan p adet tesisin tüm sistemin ağırlıklı maliyetini minimize edecek şekilde şebeke üzerinde yerleştirilmesi ile ilgilenmektedir (Hakimi, 1965). Burada bahsedilen maliyet; talep ve hizmet noktaları arasındaki mesafe, parasal tutar veya süre olarak düşünülebilir. P-medyan probleminde p adet tesis sadece şebeke üzerindeki düğümlere yerleştirilebilmektedir.

n = toplam talep noktası sayısı

a_i = i noktasındaki talep

d_{ij} = i noktası ile j noktası arasındaki en kısa mesafe

p = yerleştirilecek olan hizmet verecek tesis (medyan) sayısı

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ talep noktası } j \text{ tesisine atanmışsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ noktasına bir tesis açılmışsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$\text{Min } \sum_i \sum_j a_i d_{ij} z_{ij} \quad (3.12)$$

$$\sum_j z_{ij} = 1, \quad \forall i \quad (3.13)$$

$$z_{ij} \leq y_j, \quad \forall i, j \quad (3.14)$$

$$\sum_j y_j = p \quad (3.15)$$

$$z_{ij}, y_j \in \{0,1\}, \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.16)$$

P-medyan modellerin amaç fonksiyonu, hizmet veren tesisler ile talep noktaları arasında oluşan toplam maliyeti minimize etmektir. Kısıt (3.13) ile bir talep noktasının tüm taleplerinin sadece bir tesisten karşılanması sağlanmaktadır. Diğer bir deyişle, her talep noktası sadece bir tesise atanmaktadır. Kısıt (3.14), açık olmayan bir tesise talep noktası ataması yapılmamasını sağlamaktadır. Son olarak, Kısıt (3.15), en fazla p adet tesis açılmasından sorumlu iken Denklem (3.16) ise bütünlük kısıtıdır.

3.2 Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri

Karar verme, karar vericinin mevcut seçenekler arasından sıralama, seçim veya sınıflandırma yaparak sorunu çözmesidir (Topçu, 2000). Günlük hayatta bireyler, sosyal gruplar, işletmeler ve devletler farklı ölçeklerde karar verme durumu ile karşı karşıyadır. Bu açıdan bakıldığında yönetimin temelini de karar vermenin oluşturduğu söylenebilir (Elif, 2009). Hammond ve diğ. (1999), etkili karar verme için gerekli olan ölçütleri aşağıda verildiği şekilde sıralamıştır:

- Önemli olanın üzerine yoğunlaşma
- Mantıklı ve tutarlı olması
- Nesnel ve öznel faktörlerin hepsini sezgisel ve analitik olarak harmanlaması
- İkilem çözmek için gerekli olan bilgi ve analizin mevcut olması
- Amaca uygun veri ve düşüncelerin elde edilmesi
- Güvenilir, kullanımı kolay ve esnek olması

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) teknikleri, 1960'lı yıllarda geliştirilmeye başlanmış olup seçenek ve kriter sayılarının fazla olduğu durumlarda, kararın kolay ve hızlı bir şekilde verilmesini sağlamaktadır. ÇKKV teknikleri, kişisel tercih ve tercih düzeylerinin belirtildiği öznellikler içermektedir. Ayrıca, karar üzerinde etkili olan kriterlerin ağırlığı da karar verici tarafından belirlendiğinden, elde edilen sonuçlar karar vericiye göre farklılık göstermektedir (Saaty, 2004).

ÇKKV yöntemleri, soyut veya somut kriter ve/veya faktörün dikkate alınarak çok sayıdaki seçenek arasından karar vericinin amaç veya amaçlarını en çok karşılayanın seçilmesini sağlamaktadır (Cho, 2003). ÇKKV yöntemleri Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ve Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Bu

iki ana gruptaki problemlerin karşılaştırması Hwang ve Yoon (1981) tarafından yapılmış olup Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : ÇÖKV ve ÇAKV karşılaştırması.

	Çok Ölçütlü Karar Verme	Çok Amaçlı Karar Verme
Kriter tanımlanması	Ölçütler tarafından	Amaçlar tarafından
Amaç tanınlanması	Gizli/örtük	Belirgin/Açık
Ölçüt Tanımlanması	Belirgin/Açık	Gizli/örtük
Kısıtlar	Aktif değil (Ölçütlere dahil edilmiş)	Aktif
Alternatifler	Sonlu sayıda, ayrık	Sonsuz sayıda, sürekli
Karar Verici ile Etkileşim	Çok fazla değil	Çoğunlukla
Kullanım amacı, Problem Türü	Seçim/Değerlendirme	Tasarım

3.2.1 Çok amaçlı karar verme

Çok amaçlı karar verme yöntemleri, doğrusal programlamanın özel bir dalıdır. ÇAKV yöntemlerinin klasik doğrusal veya doğrusal olmayan optimizasyon modellerinden farkı ise tek bir tane yerine birden fazla amaç fonksiyonu içermeleridir. Çok amaçlı karar verme modelleri, sürekli nitelikteki alternatiflerin bulunduğu karar verme yöntemlerinde kullanılmakta ve seçenekler matematiksel denklemlerle ifade edilebilirler. Daha çok tasarım ve optimizasyon problemlerinde tercih edilmektedirler (Ho ve diğ, 2006).

Hedef programlama, çok amaçlı karar problemlerini dikkate alan yaklaşımlardan biridir ve çok amaçlı programlama modellerinin bir türüdür. İlk kez 1955 yılında Charnes ve diğ. tarafından önerilen bu yöntem günümüzde oldukça geniş bir çalışma alanında kullanılmaktadır. Hedef programlama süreci; karar vericilerin hedefleri belirlemesini, bu hedefler için hedef seviyelerinin ve gerektiğinde bu hedeflerin öneminin belirlenmesini içermektedir. (Lee ve Olson, 1999).

Çok amaçlı matematiksel modellerde birbiriyle çelişen amaçlar, kısıt kümesine göre eşit olarak karşılanan bir çözüm vektörünü elde etmeyi amaçlarken; hedef programlama modelinde, karar vericinin doyurucu bulduğu bir çözüm belirlenmeye çalışılır. Bir doğrusal programlama modelinde bulunan tüm fonksiyonlar, hedef

programlama modelinin kısıtlayıcı kümesini oluşturur. Hedef programlama modelinin amaç fonksiyonları için ulaşılmak istenen hedef değerlerini ise karar vericinin belirlemesi gerekmektedir. Bunun sonucu olarak, hedef değerli amaç fonksiyonları bir eşitlik halinde kısıtlayıcı kümesine eklenir. Bu işlem her bir hedef fonksiyonu için sapma değişkenlerinin tanımlanmasını gerektirir. Sapma değişkenleri, hedef fonksiyonlarının erişim düzeylerinden ne kadar uzaklaştığının ölçülmesini sağlar. Hedef programlama modelinde, hedefler için belirlenen erişim düzeylerinden oluşabilecek sapmalar minimize edilir (Özkan, 1994). Hedef programlama, karar verici tarafından tanımlanan birbirleriyle çelişen amaçların optimizasyonunun yapılmasına olanak sağlar.

Doğrusal matematiksel modellerde amaç fonksiyonunu maksimize veya minimize edilirken, hedef programlamada; hedef değerlerden sapmalar minimize edilmek istenmektedir. Doğrusal programlamanın simpleks algoritmalarında aylak değişkenler olarak isimlendirilen bu sapmalar, her hedeften, negatif ve pozitif sapmalar olarak iki boyuttan oluşmaktadırlar (Sinha ve Sen, 2011). Hedef programlamada ana amaç, bu sapmaların minimize edilmesidir. m adet hedefi bulunan, n elemanlı sütun vektörü $(b_1, b_2, \dots, b_m)$ ile gösterilen genel bir hedef programlama modeli aşağıda verilmiştir.

$$\text{Min } Z = \sum_i^m (d_i^+ + d_i^-) \quad (3.17)$$

$$Ax - ld^+ + ld^- = b \quad (3.18)$$

$$x, d^+, d^- \geq 0 \quad (3.19)$$

A ; hedefler ve alt hedefler arasındaki ilişkiyi ifade eden $m \times n$ boyutlu matris iken, x ; alt hedeflerdeki $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ değişkenleri temsil etmektedir. d^+ ve d^- hedeflerden sapmalar iken I ise m boyutlu birim matristir.

Hedef programlama modeli, hedeflerin önceliğine göre iki gruba ayrılır. İlk grupta, aynı tercih önceliğini içeren hedef programlama modelidir. Burada, hedeflerin göreceli önemi birbirine eşittir ve bütün hedefler aynı ölçüde karşılanmaya çalışılır. İkincisi grup ise, hedeflerin farklı tercih özelliklerini içeren tercih öncelikli hedef programlama modelidir. Burada, hedeflere ilişkin hiyerarşik bir yapının karar verici tarafından ortaya konması ve söz konusu hedeflerin en önemliden daha az önemliye doğru sıralanması gerekmektedir. Bütün hedeflerin aynı tercih önceliğinde yer aldığı hedef programlama problemleri ve ağırlıklı hedef programlama problemleri simpleks yöntemi ile çözülebilir. Tercih öncelikli hedef programlama modellerinin çözümüne

ise uyarlamalı simpleks yöntemleri veya ardışık optimizasyon yöntemiyle ulaşılır (Winston, 1994).

Hedef programlama oldukça tercih edilen bir yöntem olup çoklu amaçların olduğu karar verme durumlarında yazında sıklıkla kullanılmaktadır. Çelişen amaçların amaç fonksiyonunda bulunmasını sağlamakla birlikte çözümünde karmaşık prosedürler kullanılmaması ve hesap etkinliği sağlaması da yöntemin tercih nedenlerinden biridir. (Türkoğlu, 2017). Hedef programlama ile her hedef için farklı ağırlıklar belirlenebilir. (Nijkamp ve Spronk, 1978). Aynı zamanda karar vericinin problem ile ilgili yeni bilgiler elde ettiğinde, öncelik sıralamaları veya ağırlıklar interaktif programlama ile değiştirilebilir (Strager, 2005). Önceden belirlenmiş hedefler kullanıldığı için yaklaşımın uygulanması görece kolay ve esnektir.

Hedef programlamanın en önemli görülen olumsuz yanı ise taraflı olması, diğer bir deyişle hedef değerlerin, öncelik sıralamalarının, ağırlıkların karar verici tarafından belirlenmesidir. Birçok durumda bu yöntemin ihtiyaç duyduğu bilgilerin karar verici tarafından sağlanması çok zordur. Ayrıca ağırlıkları ve amaç değerlerini homojen hale getirecek bir yönetime gerek duyulmaktadır. Karar vericinin tutarlı hedefler sunabilmesi için her hedefin değişim miktarlarını önceden tahmin etmelidir (Kaya, 2010).

3.2.2 Çok ölçütlü karar verme

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri; karar vericinin karmaşıklık, belirsizlik ortamında ve birbiriyle çelişen hedeflerinin olduğu durumlarda daha iyi kararlar vermesini sağlamaktadır (Hahn, 2003). ÇÖKV yöntemleri; değer fayda temelli yöntemler, üstünlük yöntemleri, etkileşimli yöntemler ve basit (diğer) yöntemler olarak dört ana başlık altında toplanabilir. Değer fayda temelli modeller, mevcut seçeneklerin içinden istenen özelliklere ve mevcut faktörlere göre en iyisinin seçilmesi için, bunları tek bir fonksiyon altında birleştiren yöntemlerdir. Bu tez çalışması kapsamında da değer fayda temelli yöntemlerden AHS ve TOPSIS hakkında bilgi verilecektir.

3.2.2.1 Analitik hiyerarşi süreci

Saaty (1980) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), bir karar hiyerarşisi üzerinde, önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak, kararı etkileyen faktörler ve bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerlerinin

birebir karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Saaty (1994) ise AHS'yi, karar vericinin karar sonuçlarını etkileyecek tercihleri, yargıları ve duyguları belli bir hiyerarşik yapı içerisinde organize edilerek, karar vericinin bir mantık ve problem çözme üst yapısı olarak tarif etmektedir. Buna göre, kişisel deneyim ve bilgiler, ikili karşılaştırma matrisleriyle karar sürecine dahil edilmektedir.

3.2.2.2 TOPSIS

Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution), pozitif ideal çözümden en kısa mesafe ve negatif ideal çözümden en uzak mesafe alternatiflerinin seçilmesine dayanmaktadır. Pozitif ideal çözüm; ulaşılabilir bütün en iyi ölçütlerin bileşimidir. Negatif ideal çözüm ise ulaşılabilir en kötü ölçüt değerlerinden oluşur. Bu yöntemdeki tek varsayım, her ölçütün ya monoton artan ya da monoton azalan tek yönlü bir faydası olduğu varsayımıdır.

3.2.2.3 Bulanık AHS

Günlük hayatta kesin olarak bilinemeyen veya kesin olduğu düşünülürken gerçekte kesinlik arz etmeyen durumlarla karşılaşmaktadır. Diğer bir deyişle, gerçek hayatta karşılaşılan olaylar belirsizlik içermektedir ve bu durum da karar verme sürecini karmaşıktırmaktadır. Bulanık mantık, Zadeh tarafından 1965 yılında matematiksel olarak belirsizliği ifade etmenin bir yolu olarak önerilmiştir.

AHS yönteminde karar vericiler çoğunlukla sayılar ve sözel ifade arasındaki ilişkiyi algılamakta problem yaşamaktadır (Pöyhönen ve diğ, 1997). Ayrıca klasik AHS yöntemi uzman kişilerin kararlarını karar sürecine katsa da, insani düşünce tarzını yansıtmaya ve belirsizlikleri ifade etme açısından yeterli olmadığı konusunda eleştirilmektedir (Kahraman ve diğ., 2003) Bu nedenle bulanık mantık ve ikili karşılaştırma kavramlarının birleştirilmesiyle Bulanık AHS oluşturulmuştur. Bu yöntem ile kriter değerlendirmeleri ve kıyaslamalar bulanık mantık ile yapılmakta ve ikili karşılaştırmalarda dilsel değişkenleri kullanılabilmektedir.

3.2.2.4 Bulanık TOPSIS

TOPSIS uygulamalarında, kriterlerin performans düzeyleri ve ağırlıkları net değerler olarak verilse de, kişisel yargılara dayanan tercihler çoğunlukla belirsizdir ve net sayısal değerlerle tahmin edilemez (Chaghooshi ve diğ., 2014; Chen ve Tzeng, 2004).

Bu nedenle farklı koşullar altında net veriler, gerçek hayat durumlarını modellemek için yetersiz kalmaktadır. Bu amaçla kullanılan bulanık küme kuramı, doğrusal olmayan, belirsizlik ifade eden, karmaşık ve modellenmesi güç olan kavramlara üyelik derecesi atayarak, kavramların belirli hale getirilmesi sağlanmaktadır.

Bulanık TOPSIS yönteminde her bir alternatifin yakınlık katsayıları hesaplanarak sıralama yapılır. Yakınlık katsayısı 0 ile 1 arasında bir değer alır. Sonucun 1'e yakın olması o alternatifin seçilme ihtimalini artırır (Ecer, 2006). Dilsel ifadeler, üçgen veya yamuk bulanık sayılar kullanılarak, üyelik fonksiyonu verilebilmesi ve sayısal olarak ifade edilebilmeleri için bulanık kümeler teorisinden faydalanılır (Fakhry, 2010). Bulanık TOPSIS yöntemi, dilsel değişkenlerle yapılan değerlendirmelere üyelik fonksiyonu vererek sayısal hale getiren ve algoritması yardımıyla alternatifleri değerlendirme imkânı sunan bir karar aracıdır.

3.2.2.5 Aralık tip-2 bulanık AHS

Klasik bulanık mantıkta, bir kümenin her elemanının 0-1 arasında olan bir üyelik derecesi bulunmaktadır. Zadeh tarafından önerilen tip-2 bulanık kümelerin ise üyelik fonksiyonları bulanık sayılar olabilir. Bu nedenle de belirsizliklerle baş etmede tip-1 bulanık kümeler göre daha iyidirler. Dilsel terimler ve bilgiler farklı kişilere farklı anlamlar ifade ettiğinden tip-2 bulanık kümeler bu gibi dilsel belirsizliklerle başa çıkmada daha kullanışlıdır (Karnik and Mendel, 2001). Ayrıca Aralık Tip-2 Bulanık Kümeler de, daha basit olmaları ve işlem yükünü büyük oranda azaltmaları nedeniyle genel tip-2 bulanık kümelerle kıyasla tercih edilmektedir (Kahraman ve diğ., 2014). Aralık Tip-2 bulanık kümeler ve AHS yöntemi Kahraman ve diğ. (2014) tarafından birleştirilerek Aralık Tip-2 Bulanık AHS yöntemi geliştirilmiştir ve ilgili yöntemin adımları aşağıda verilmiştir.

Adım 1. Kurulan hiyerarşik modelin tüm boyutları için bulanık ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Elde edilen sonuçlar Denklem (3.20)' de verildiği gibi elde edilir.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{n1} & 1/\tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

$$1/\tilde{a} = \left(\left(\frac{1}{a_{14}^U}, \frac{1}{a_{13}^U}, \frac{1}{a_{12}^U}, \frac{1}{a_{11}^U}; H_1(a_{12}^U), H_2(a_{13}^U) \right), \left(\frac{1}{a_{24}^L}, \frac{1}{a_{23}^L}, \frac{1}{a_{22}^L}, \frac{1}{a_{21}^L}; H_1(a_{22}^L), H_2(a_{23}^L) \right) \right) \quad (3.21)$$

Adım 2. Her bulanık ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılığı kontrol edilmek üzere durulaştırılır. Tutarlılık oranı (CR) 0,1 veya daha küçük ise karşılaştırmanın tutarlılığının kabul edilebilirdir. Aksi durumda, karar vericinin kararları tutarsız kabul edilir ve sürece yeniden başlanarak ikili karşılaştırma matrisi yeniden oluşturulmalıdır.

Adım 3: Farklı uzman görüşlerini birleştirmek için geometrik ortalama kullanılır. Her kritere ait her satırın geometrik ortalaması olan $\tilde{r}_i$ Denklem (3.22) kullanılarak hesaplanır.

$$\tilde{r}_i = [\tilde{a}_{i1} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in}]^{1/n} \quad (3.22)$$

$$\begin{aligned} & \sqrt[n]{\tilde{a}_{ij}} = \\ & \left(\left(\sqrt[n]{a_{ij1}^U}, \sqrt[n]{a_{ij2}^U}, \sqrt[n]{a_{ij3}^U}, \sqrt[n]{a_{ij4}^U}; H_1^U(a_{ij}), H_2^U(a_{ij}) \right), \left(\sqrt[n]{a_{ij1}^L}, \sqrt[n]{a_{ij2}^L}, \sqrt[n]{a_{ij3}^L}, \sqrt[n]{a_{ij4}^L}; H_1^L(a_{ij}), H_2^L(a_{ij}) \right) \right) \end{aligned} \quad (3.23)$$

i . kriterin bulanık ağırlığı Denklem (3.24) ile hesaplanır:

$$\tilde{w}_i = \tilde{r} \otimes [\tilde{r} \oplus \dots \oplus \tilde{r}_i \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n]^{-1} \quad (3.24)$$

$$\begin{aligned} \frac{\tilde{a}_{ij}}{\tilde{b}_{ij}} &= \left(\frac{a_1^U}{b_4^U}, \frac{a_2^U}{b_3^U}, \frac{a_3^U}{b_2^U}, \frac{a_4^U}{b_1^U}, \min(H_1^U(a), H_1^U(b)), \min(H_2^U(a), H_2^U(b)) \right), \\ & \left(\frac{a_1^L}{b_4^L}, \frac{a_2^L}{b_3^L}, \frac{a_3^L}{b_2^L}, \frac{a_4^L}{b_1^L}, \min(H_1^L(a), H_1^L(b)), \min(H_2^L(a), H_2^L(b)) \right) \end{aligned} \quad (3.25)$$

İkili karşılaştırma matrisi sonucunda elde edilen bulanık ağırlıklar, yerel ağırlıklar olarak adlandırılır. Global ağırlıkların elde edilmesi için, yerel ağırlıklar, kendilerinin bir üst kriterinin ağırlığı ile çarpılmalıdır.

Adım 4. Bulanık ağırlıklar ve bulanık performans değerleri Denklem (3.26) ile birleştirilir. $\tilde{U}_i$ i . alternatifin bulanık faydası, $\tilde{w}_j$, j . kriterin bulanık ağırlığı ve $\tilde{r}_{ij}$, i . alternatifin j . kritere göre performans değeridir.

$$\tilde{U}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_j \tilde{r}_{ij}, \quad \forall i \quad (3.26)$$

Adım 5. Klasik AHS yöntemindeki prosedürle en iyi alternatif seçilir.

3.2.2.6 Aralık tip-2 bulanık TOPSIS

Hem gerçek hem de aralık tip 2 bulanık veri içeren TOPSIS yönteminin adımları aşağıda verilmiştir (Celik ve Akyuz, 2018):

Adım 1. m alternatif ve n kriter içeren iki değerlendirme matrisi oluşturulur. $\widetilde{x}_{ij}$ ve y_{ij} sırasıyla her alternatif ve kriterin kesişimini göstermektedir.

Adım 2. Gerçek sayılardan oluşan veriler normalize edilerek normalize karar matrisi oluşturulur. Normalize r_{ij} değeri, Denklem (3.27) ile hesaplanır.

$$r_{ij} = y_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m y_{ij}^2} \quad (3.27)$$

Adım 3. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi Denklem (3.28) ve (3.29) ile hesaplanır.

$$\widetilde{v}_{ij} = \widetilde{x}_{ij} * \widetilde{w}_j, \quad (3.28)$$

$$\widetilde{v}_{ij} = r_{ij} * \widetilde{w}_j \quad (3.29)$$

Adım 4. Aralık Tip-2 bulanık değerler Denklem (3.30) ile durulaştırılır ve durulaştırılmış ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilir.

$$wca(\widetilde{v}_{ij}) = \frac{\left[\frac{(v_{j4}^U - v_{j1}^U) + (H_1(\widetilde{v}_j^U) * v_{j2}^U - v_{j1}^U) + (H_2(\widetilde{v}_j^U) * v_{j3}^U - v_{j1}^U)}{4} + v_{j1}^U + \frac{(v_{j4}^L - v_{j1}^L) + (H_1(\widetilde{v}_j^L) * v_{j2}^L - v_{j1}^L) + (H_2(\widetilde{v}_j^L) * v_{j3}^L - v_{j1}^L)}{4} + v_{j1}^L \right]}{2} \quad (3.30)$$

Adım 5. Pozitif ve negatif ideal çözümler aşağıdaki gibi elde edilir. B ve C , sırasıyla kar ve zarar kriterlerini göstermektedir.

$$A^* = (v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*) = ((\max_j wca(\widetilde{v}_{ij}) | i \in B), (\min_j wca(\widetilde{v}_{ij}) | i \in C)) \quad (3.31)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) = ((\min_j wca(\widetilde{v}_{ij}) | i \in B), (\max_j wca(\widetilde{v}_{ij}) | i \in C)) \quad (3.32)$$

Adım 6. Pozitif ideal çözümden olan uzaklık (d_i^*) ve negatif ideal çözümden olan uzaklık (d_i^-) her alternatif için elde edilir.

$$d_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (wca(\widetilde{v}_{ij}) - v_j^*)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (3.33)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (wca(\widetilde{v}_{ij}) - v_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (3.34)$$

Adım 7. İdeal çözüm için benzerlikler (CC_i) hesaplanır.

$$CC_i = d_i^- / (d_i^- + d_i^*) \quad (3.35)$$

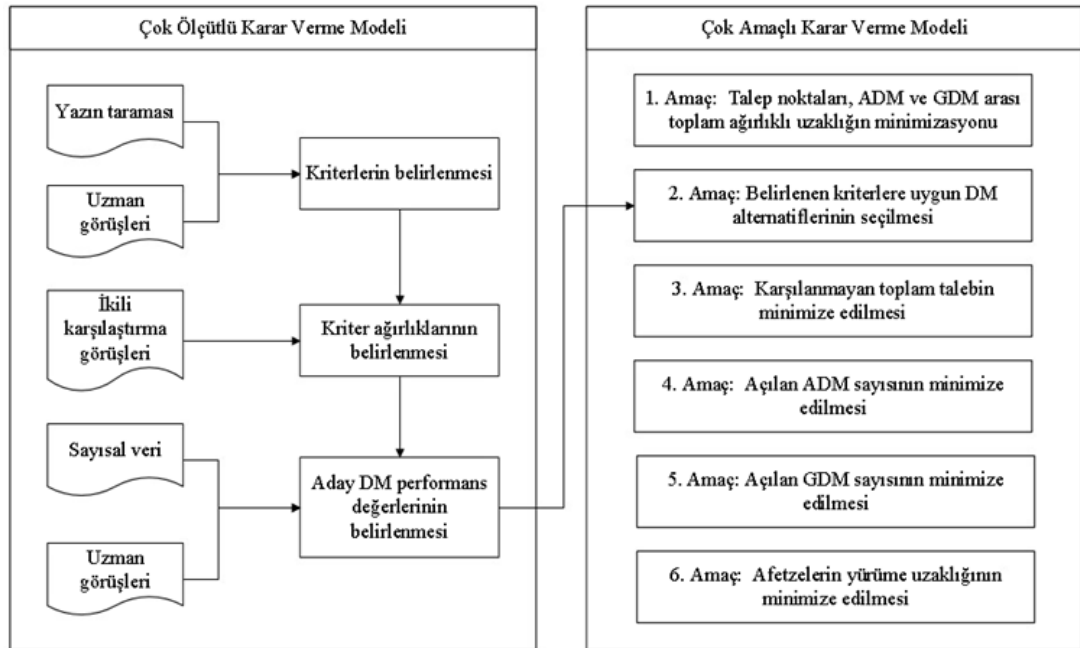
Adım 8. Seçenekler, benzerliklerine (CC_i değerine) göre azalan sırada sıralanır. Benzerliği en yüksek olan seçeneğin seçilmesi önerilir.





4. ÖNERİLEN YÖNTEM

İnsani yardım lojistiği DM yer seçimi probleminin çözümü için, yazında genellikle ÇÖKV veya matematiksel modeller ayrı olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte matematiksel model kullanılan çalışmalarda da genellikle niceliksel kriterler dikkate alınmaktadır. Aynı zamanda ADM ve GDM yer seçimi problemleri, her iki tür DM'nin de farklı görev ve özelliklere sahip olduğundan ayrı olarak incelenmelidir. Bununla birlikte, uygulamada her aday ADM ve GDM noktası dağıtım ve depolama işlemlerinde istenen nitelikleri aynı oranda karşılayamamaktadır. Örneğin bazı DM'lerin sahip olduğu ısıtma ve soğutma sistemleri ile ürünler daha iyi ve sağlıklı ortamda korunabilirken, bazı DM'lerin bina özellikleri (binayı çevreleyen bir dış duvarın olması ve binada güvenlik kameralarının bulunması vb.) ürünlerin yağma gibi risklere karşı daha güvenle muhafaza edilmesine olanak tanımaktadır. Bu veriler ışığında, bu tez çalışmasında ADM ve GDM yer seçimi için ÇÖKV modeli ile Çok Amaçlı Karma Tam sayılı Matematiksel Modeli birleştiren melez bir yöntem önerilmektedir ve Şekil 4.1'de yöntem adımları verilmiştir.



Şekil 4.1 : DM yer seçimi için önerilen yöntem.

Önerilen modelde öncelikle ÇÖKV modeli ile her aday DM noktası için bir performans değeri belirlenmektedir. Bunun için öncelikle yer seçimi için kullanılacak kriterler, yapılan yazın taraması ve uzman görüşmeleri sonucunda, ADM ve GDM için ayrı olarak belirlenmiştir. Ardından uzman görüşleri ile bu kriterlerin ağırlıkları Aralık Tip-2 Bulanık AHS ile belirlenmiştir. Son olarak da aday DM'lere ait nitelikler ve niceliksel veriler birlikte kullanılarak Aralık Tip-2 Bulanık TOPSIS yöntemi ile her aday DM için bir performans değeri elde edilmiş ve bu değerler karama tam sayılı matematiksel modele veri olarak dahil edilmiştir. Önerilen yöntemde, DM yer seçimi çok amaçlı karma tam sayılı matematiksel model kullanılarak yapılmaktadır. Matematiksel modelde yardım ürünlerinin ADM ve GDM'ler aracılığı ile afetzedelere ulaşması için gidilen ağırlıklı uzaklığın, karşılanmayan toplam talebin, açılan ADM ve GDM sayıları ile afetzedelerin yürüme uzaklığının minimize edilmesi hedeflenmektedir. Açılan DM'lerin performans değerinin maksimize edilmesi de bir amaç olarak matematiksel modele eklenmiş olup bu amaçla afet yardım operasyonlarının daha hızlı ve etkili bir ortamda yapılarak ürünlerin bozulmadan afetzedelere ulaştırılabilmesi hedeflenmiştir.

4.1 DM Yer Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi

DM yer seçimi için öncelikle yazındaki çalışmalar incelenmiş ve kullanılan kriterler belirlenerek Bölüm 2.2'de detaylandırılmıştır. Yapılan yazın taraması sonuçlarına göre DM yer seçimi için kullanılan kriterler toplu olarak Çizelge 4.1'de verilmiştir. Buna göre, GDM ve ADM yer seçiminde kullanılan bazı kriterler örtüşse de genellikle birbirlerinden oldukça farklılık gösterdiği söylenebilir. GDM ve ADM görev ve yapılarındaki farklılık nedeniyle bu durum anlaşılabilir. Yazında en fazla kullanılan üç kriter sırasıyla; ADM, GDM ve afetzedeler arası uzaklık, kapsanan talep miktarı ile yatırım/depo açma maliyetidir ve bu kriterler her iki DM tipi için de kullanılmaktadır. En az kullanılan kriterler ise toplam yükleme ve boşaltma maliyeti, hijyen, insan kaynakları ve ofis olanaklarıdır. Bu kriterlerden sadece toplam yükleme ve boşaltma maliyeti GDM yer seçimi için kullanılırken, diğer üçü ADM yer seçimi için dikkate alınmıştır.

Yazın taramasının ardından, uzman görüşlerinin alınması için T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve İstanbul Valiliği Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı yetkilileri ile görüşmeler yapılmıştır. Türkiye Afet

Müdahale Planı (TAMP) kapsamında kurum ve kuruluşların görev dağılımları ve işleyiş yapısının yanında dağıtım merkezi yer seçimlerinde dikkat edilen kriterler hakkında bilgi alınmıştır.

Çizelge 4.1 : Yazında kullanılan afet dağıtım merkezi yer seçim kriterleri.

Kriterler	Çalışma sayısı	GDM	ADM
Toplam dağıtım süresi/GDM ve afetzedelere uzaklık	34	X	X
Kapsanan talep miktarı	31	X	X
Yatırım/depo açma maliyeti	19	X	X
Taşıma maliyeti	15	X	X
Maliyet	10	X	X
Afetzedelerin ulaşım maliyeti	9	X	
Ulaşılabilirlik	8	X	X
Hakkaniyetli dağıtım	7	X	
Psikolojik maliyet & talep karşılanmama maliyeti	5	X	
Güvenlik	5		X
Ulaşım	5		X
Potansiyel noktalara yakınlık	5		X
Kara yolu	4		X
Hava yolu	4		X
Coğrafi konum	4		X
Depolama maliyeti	4		X
Kullanılmayan ürünlerin maliyeti	3	X	
Deniz yolu	3		X
İklim	3	X	X
Afetten etkilenmeyen konum	2		X
Altyapı (Bilişim, enerji, su)	2		X
Depo olanakları	2		X
Sosyoekonomik gelişmişlik düzeyi	2	X	
Ulusal istikrar	2		X
Toplam yükleme ve boşaltma maliyeti	1	X	
Hijyen	1		X
İnsan kaynakları	1		X
Ofis olanakları	1		X

4.1.1 ADM yer seçimi kriterlerinin belirlenmesi

ADM yer seçimi ile ilgili öncelikle Bölüm 2.2.1’de verilen yazın taraması yapılmış olup ardından AFAD ve İstanbul Valiliği Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı görevlileri ile görüşmeler yapılmış ve Türkiye’de il bazında bir DM yer seçimi için belirlenen ve uzmanlar tarafından önemli görülen kriterler hakkında bilgi alınmıştır.

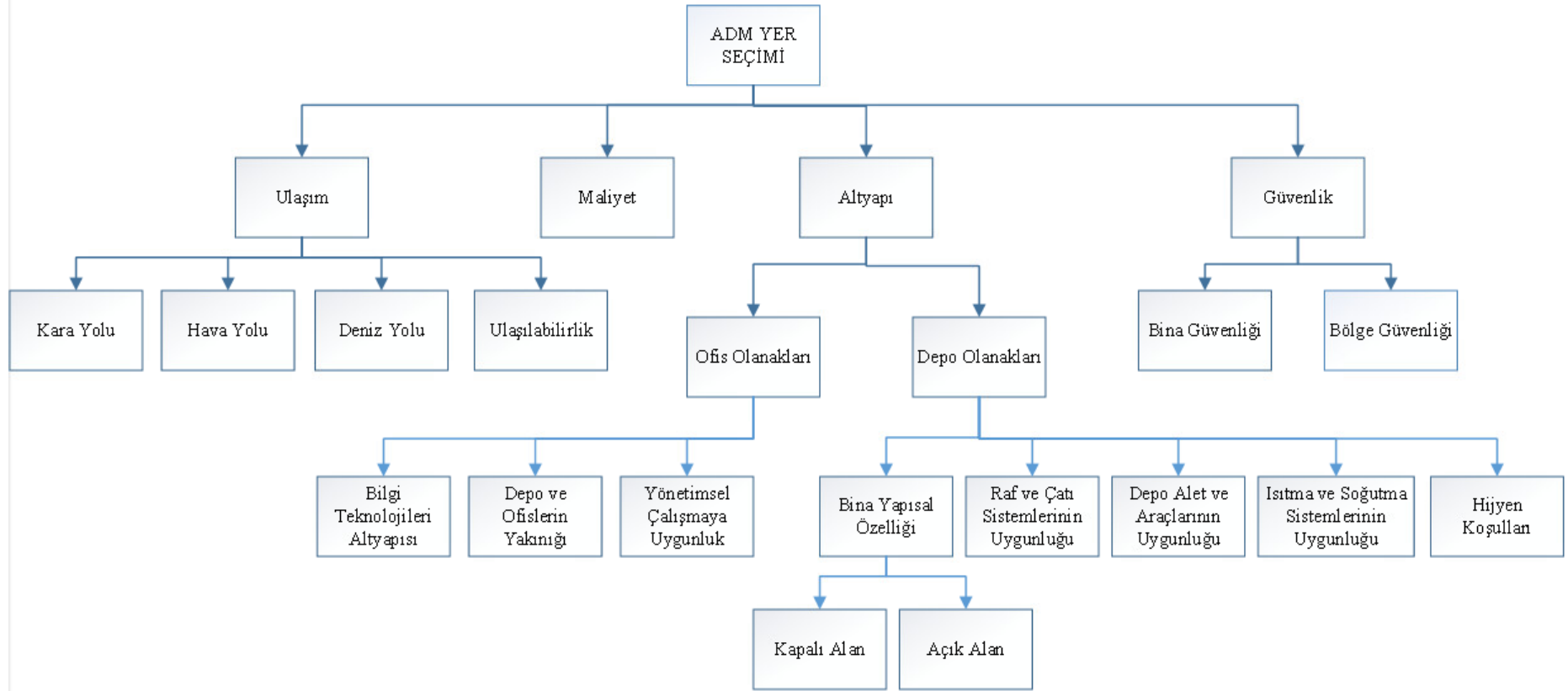
Bunun ardından ADM yer seçimi için belirlenen kriterlerin AHS yönteminin hiyerarşi mantığına göre düzenlenmiş ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Buna göre ana dağıtım merkezi yer seçimi için belirlenen 4 ana kriter ulaşım, maliyet, altyapı ile güvenliktir.

Ulaşım kriteri, yardım malzemelerinin tedarikçilerden ADM'lere farklı ulaşım türleri ile ulaşılabilirliğini kapsamaktadır. DM yardım malzemelerine ulaşmada farklı taşıma türleri arasında güvenli bir nakliye altyapısı kurulabilmelidir. Bununla birlikte alt kriterleri olan kara yolu, deniz yolu ve hava yolu kriterleri ilgi kaynak noktasından (liman, havaalanı gibi) ADM'ye olan uzaklığı içermektedir. Yazında operasyonel olarak oluşturulan rotaların kalitesi için viyadük, köprü gibi elemanlar bulunmaması veya ikincil rotaların oluşturulabilmesi istenmektedir. Bu bağlamda, ulaşılabilirlik ise ürünlerin ilgi kaynak noktasından ana depoya taşınmasında belirlenen rotanın kalitesini içermektedir.

ADM karar hiyerarşisinde bahsedilen maliyet kriteri, yeni bir ADM kurulumu için gerekli olan maliyettir. Uygulamada ise uzman görüşmelerinde ilgi binanın/arsanın devlet binası/arsası olması tercih sebebi olduğu bilgisi alınmıştır. Yine de gerekli görüldüğünde özel mülkler de kiralanabilmekte veya satın alınmaktadır. Yapılan uzman görüşmelerinde Türkiye'deki afet yönetimi çalışmaları kapsamında yardım ürünlerinin sürekli olarak depolanmadığı bilgisi alınmıştır. Aynı zamanda afet yardım operasyonlarını devlet çalışanlarının yürütmesi planlanmaktadır. Bu nedenle işgücü maliyeti ve depolama maliyeti bu çalışmada dikkate alınmamıştır.

Altyapı ana kriteri “ofis olanakları” ve “depo olanakları” olarak iki alt kritere ayrılmaktadır. Ofis olanakları alt kriteri ofisle ilgili kullanım koşulların uygunluğunu incelemekte olup üç alt kritere ayrılmıştır. ADM olarak kullanılacak yapılar gerektiğinde uluslararası aramalar ve telekonferanslar yapılması için yeterli bilişim ve iletişim altyapısına sahip olmalıdır. Ayrıca ADM'ye giriş-çıkış yapan ürünlerin kontrolünü sağlayacak stok kontrol sistemleri kullanılabilmelidir. Bu durum “bilişim ve iletişim altyapısının uygunluğu” kriterinin içeriğini oluşturmaktadır. “Depo ve ofislerin yakınlığı”, diğer bir alt kriter olup yardım malzemelerinin bakım ve kontrolünün sağlanması açısından depo alanı ve ofislerin yakın olması tercih edilmesi nedeniyle modele eklenmiştir. Bu sayede operasyonlarının takibi daha kolay yapılabilmekte ve gerektiğinde hızlıca operasyona müdahale etme olanağı bulunmaktadır. “Ofislerin uygunluğu” alt kriteri ise DM'in yönetsel ofis çalışması için uygun olması durumunu kapsamaktadır.

Depo olanakları alt kriteri DM'de ürün yükleme, depolama ve tasnif gibi genel operasyonlar için uygun altyapının bulunmasını ifade etmektedir. Yardım operasyonlarının kolaylaştırılması amacıyla DM olarak kullanılacak yapıların belirli



Şekil 4.2 : Ana dağıtım merkezi yer seçimi karar hiyerarşisi.

bir zemin kapasitesinin, ürünleri stoklamak için açık depolama, boşaltma ve yükleme alanlarının projektörleri ve her iki uçta kapılarının bulunması tercih edilmektedir (Roh ve diğ., 2015). Bu bağlamda depo olanakları kriteri 5 alt kriterlere ayrılmıştır. ADM olarak kullanılacak binaların ürünlerin saklanması ve korunması için yeterli kapalı alana gereksinim duyulmaktadır. Ayrıca ürünleri taşıyan tırların rahat giriş çıkışı ve yükleme-boşaltma işlemlerinin rahatlıkla yapılması için yeterli açık alana sahip olması istenmektedir. Bu durum “bina yapısal özelliği” alt kriterini kapsamaktadır. Bununla birlikte etkin depolama ve tasnifleme işlemlerinin yapılabilmesi için “depo alet ve araçlarının uygunluğu” ile “çatı ve raf sistemlerinin uygunluğu” önem arz etmektedir. Yardım malzemelerinin sağlıklı bir şekilde depolanabilmesi ve bozulmalarının önlenmesi de ayrıca önemlidir. “Isıtma& soğutma sistemlerinin uygunluğu” ise özellikle gıda ve ilaç gibi malzemelerin bozulmasını önlemek için gerekmektedir. Ayrıca deponun nem ve sıcaklık koşulları da tüm malzemelerin kaliteli ve kullanılabilir şekilde saklanmasında önem arz etmektedir ve “hijyen koşulları” kriterinde kapsamaktadır.

Belirlenen son ana kriter olan güvenlik; deponun hırsızlık, yağma veya yangın gibi durumlara karşı olan savunmasızlığını içeren sosyal boyutu ile ilgili olan bir kavramdır. Afet sonrası oluşacak karmaşık sosyal durum göz önünde bulundurularak yardım malzemelerinin korunması ve operasyonların sağlıklı olarak yürütülmesi büyük önem arz etmektedir. Güvenlik kriteri, bina ve bölge güvenliği olarak iki alt kriterlere ayrılmıştır. “Bina güvenliği” alt kriteri binanın güvenlik görevlisi, kapalı devre kamera sistemi, yangın alarm sistemi bulunması veya deponun çevresinde duvar olması gibi binanın genellikle yapısal ve donanımsal özellikleri ile ilgilidir. “Bölge güvenliği” alt kriteri ise ADM’nin bulunduğu bölgenin sosyal yapısı ve o bölgedeki hırsızlık veya yağma girişiminde bulunulması durumu ile ilgilenmektedir. Örneğin, genel olarak eğitim ve refah seviyesi yüksek olan bölgelerin daha güvenli olduğu ve suç oranının azaldığı düşünülmektedir.

Yazın çalışmalarında da yer bulan enerji ve su altyapısı, gaz sıkışma tehlikesi ve tavan yüksekliği kriterleri uzmanlar tarafından da önemli olarak görülmüş olmasına karşın; ADM alternatifleri belirlenirken bu istenen özelliklere uygun olmayan alternatifler elendiğinden, bu kriterler çok kriterli karar modeline eklenmemiştir. Bununla birlikte bahsi geçen kriterler DM alternatifleri belirlenirken göz önüne alınabilir. Benzer şekilde iklim kriteri de önemli olarak görülmesine karşın bu çalışmada önerildiği üzere

bir şehir içerisinde ADM seçimini etkileyecek derecede farklı iklim koşulları görülmeyeceğinden elenmiştir. Bununla birlikte farklı iklim koşullarının görüldüğü bölgelerde bu kriter de karar hiyerarşisine bir ana kriter olarak eklenebilir.

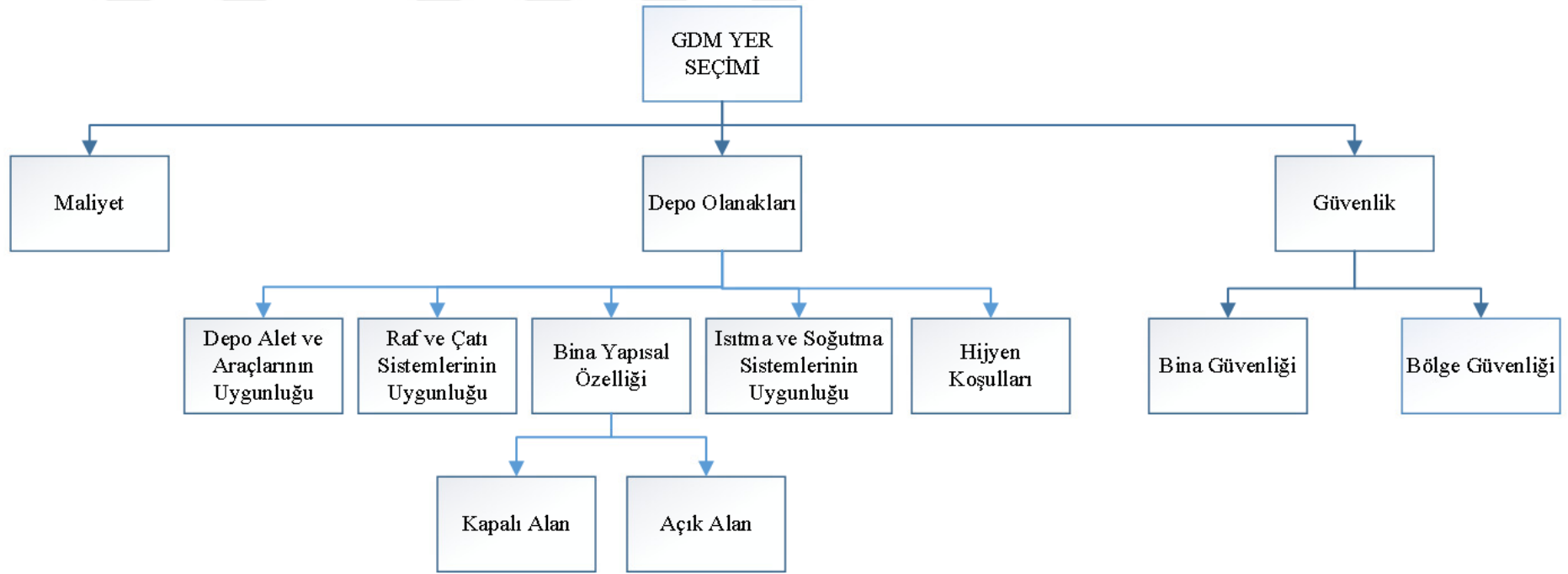
Hem yazında sıklıkla kullanılan hem de uzman görüşmelerinde anlamlı görülen ADM, GDM ve afetzedeler arasındaki uzaklık ile kapsanan talep miktarı matematiksel modelde dikkate alınmasına karar verilmiş olup, bu nedenle çok ölçütlü karar modeline eklenmemiştir.

Altyapı geliştirme planı, bölgenin sosyoekonomik gelişmişlik düzeyi, ulusal istikrar, yönetim ve kurumlar arası iş birliği kriterleri ise uzmanlar tarafından efektif görülmediğinden elenmiş ve bu modele dahil edilmemiştir. Bununla birlikte özellikle uluslararası bazda yapılan çalışmalarda bu kriterlerin karar hiyerarşisine dahil edilebilir.

4.1.2 GDM yer seçimi kriterlerinin belirlenmesi

GDM yer seçimi ile ilgili yazında incelenen çalışmalardan Bölüm 2.2.2’de detaylı olarak bahsedilmiştir. Yazın taramasının ardından, AFAD’dan ve TAMP kapsamında İstanbul ili içerisindeki geçici dağıtım merkezlerinden sorumlu olan İstanbul Valiliği’nden bir yetkili ile görüşülmüştür. Şekil 4.3, yazın taraması sonuçları ve uzman görüşmeleri sonucu GDM yer seçiminde önemli görülen kriterlerin, analitik hiyerarşi mantığına göre düzenlenmiş halidir. Buna göre geçici dağıtım merkezi yer seçimi için düzenlenen karar hiyerarşisinde belirlenen üç ana kriter; GDM kurulum maliyeti, depo olanakları ve güvenlidir. İlgili kriter tanımları, Bölüm 4.1.1’de verilen ADM yer seçimindeki kriterlerle aynı olduğundan burada tekrar bahsedilmeyecektir.

ADM ve GDM karar hiyerarşileri karşılaştırıldığında; GDM yer seçimi karar hiyerarşisinin ulaşım ve ofis olanakları kriterlerini içermediği görülmektedir. GDM’lerin afetzedelere mümkün olduğunca yakın olmasının istenmektedir ve GDM’lerin farklı ulaşım türlerine olan yakınlığı uygulamada dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle ulaşım kriteri GDM yer seçimi karar hiyerarşisinden çıkarılmıştır. Bununla birlikte, seçilen ADM ve GDM’ler arasındaki uzaklık matematiksel modelde dikkate alınacaktır. Ayrıca GDM’ler genellikle spor salonu, okul, pazar yeri gibi farklı alanların kullanıldığı geçici olarak kullanıldığı tesisler olduğundan, bu tesislerin ofis olanaklarının olması beklenemez.



Şekil 4.3: Geçici dağıtım merkezi yer seçim karar hiyerarşisi.

Bu nedenle de ofis olanakları kriteri GDM yer seçiminde dikkate alınmamaktadır. Adil dağıtım ve karşılanan talep kriterleri de GDM yer seçiminde önemli olarak görülmüştür. Ancak bu kriterler matematiksel modele dahil edilmesine karar verilmiş olup, bu nedenle bu aşamada çok ölçütlü karar modelinde kullanılmamıştır.

4.2 DM Yer Seçim Kriterlerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi

AHS yöntemi, belirlenen kriterler ile bir karar hiyerarşisi oluşturularak önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılması, kararı etkileyen faktörler ve bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerlerinin birebir karşılaştırılması ilkesine dayanmaktadır. Kriterlerin her seviyede ikili karşılaştırmaları yapılmakta ve bunun için de karar vericiler dilsel bir skala kullanmaktadır (Cevik Onar ve diğ, 2014). Ayrıca anlaşılabilirlik ve matematiksel işlemler yönünden kullanıcılara önemli kolaylıklar sağladığından en sık kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir (Uludağ ve Doğan, 2016). Bununla birlikte dilsel bilgi, farklı kişiler için farklı anlamlar ifade edebilir. Bu tip dilsel belirsizlikler için de tip-2 bulanık kümeler oldukça kullanışlı bir yöntemdir (Karnik ve Mendel, 2001). Bu nedenle farklı karar vericilerin DM alternatifleri ve kriterleri ile ilgili kararlarındaki farklılıkları ve kullanılan dilsel terimlerdeki belirsizlikleri daha iyi yansıtabilmek için tip-2 bulanık kümeler kullanılmasının daha uygun olacağı değerlendirilmiştir. Ayrıca aralık tip-2 bulanık kümelerin kullanımı, genel tip-2 bulanık kümelere kıyasla daha basittir ve işlem yükünü ciddi oranda azalttıklarından tercih edilmektedir (Kahraman ve diğ., 2014). Bu nedenle ADM ve GDM yer seçim kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için bu çalışmada aralık tip-2 bulanık AHS kullanılacaktır. Buna göre ilk olarak belirlenen kriterler Bölüm 4.1’de verildiği gibi hiyerarşik yapıya oturtulur. Ardından kriterlere ait ikili karşılaştırmalar Çizelge 4.2’te verilen skalaya göre karar vericilerden elde edilir. İkili kriter karşılaştırmaların yapılmasının ardından Bölüm 3.3.2.5’te verilen Aralık Tip-2 Bulanık Analitik Hiyerarşi adımları takip edilerek tüm ana ve alt kriterlerin bulanık ağırlıkları hesaplanır.

4.3 ADM ve GDM Aday Noktalarının Performans Değerlerinin Belirlenmesi

TOPSIS yöntemin en önemli üstünlüğü her alternatife kendi değerini alması ve kolay uygulanabilir olmasıdır. Bu sayede, alternatifler arasındaki farklılıklar konusunda daha iyi görüş elde edilebilmektedir (Opricovic ve Tzeng, 2004). Farklı karar vericilerinin

DM alternatifleri ve kriterleri ile ilgili kararlarındaki farklı görüşleri ve kullanılan dilsel terimlerdeki belirsizlikleri daha iyi yansıtabilmek için aralık tip-2 bulanık mantık oldukça etkili bir yöntemdir. Bu nedenle önerilen yöntemde Aralık Tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi ile alternatif olarak görülen her aday ADM ve GDM için bir performans değerleri belirlenecektir. Aralık Tip-2 TOPSIS adımları Bölüm 3.3.2.6’da verilmiştir ve aday DM’lerin karar vericiler tarafından kriterler bazında değerlendirildiği dilsel terimler Çizelge 4.3’te verilmiştir.

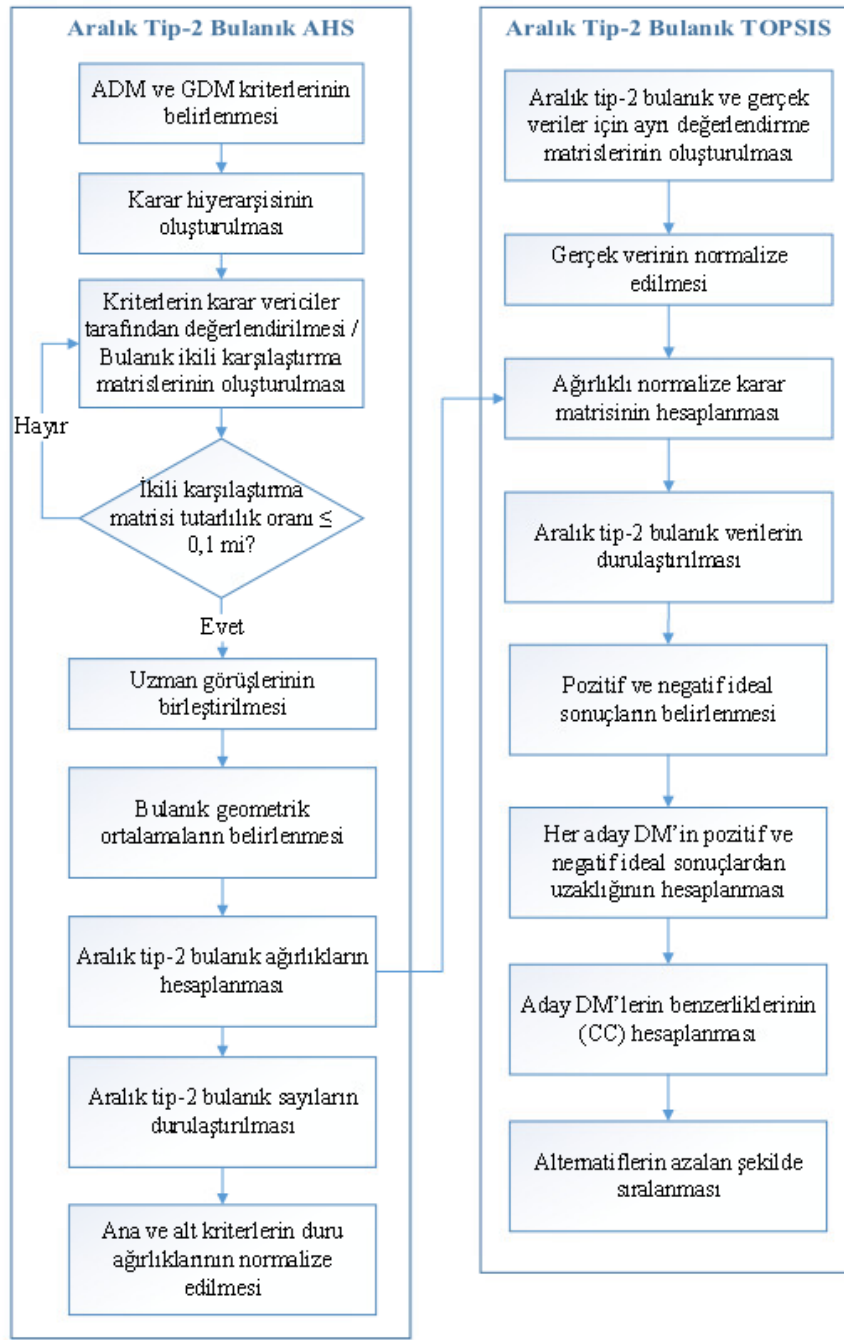
Çizelge 4.2 : AHS’de kullanılan dilsel terimlerin aralık tip-2 bulanık ölçekleri.

Dilsel Terimler	Aralık Tip-2 Bulanık Değerler
Aşırı derecede önemli (ADÖ)	(8,9,9,10;1,1), (8.5,9,9,9.5;0.9,0.9)
Ara değer I (AD1)	(7,8,8,9;1,1), (7.5,8,8, 8.5; 0.9,0.9)
Çok önemli (ÇÖ)	(6,7,7,8;1,1), (6.5,7,7,7.5; 0.9,0.9)
Ara değer II (AD2)	(5,6,6,7;1,1), (5.5,6,6,6.5;0.9,0.9)
Önemli (Ö)	(4,5,5,6;1,1), (4.5,5,5, 5.5; 0.9,0.9)
Ara değer III (AD3)	(3,4,4,5;1,1), (3.5,4,4,4.5;0.9,0.9)
Biraz daha önemli (BDÖ)	(2,3,3,4;1,1), (2.5,3,3,3.5;0.9,0.9)
Ara değer IV (AD4)	(1,2,2,3;1,1), (1.5,2,2,2.5;0.9,0.9)
Eşit derecede önemli (EÖ)	(1,1,1,1;1,1), (1,1,1,1;0.9,0.9)

Çizelge 4.3: Dilsel terimlerin tanımları ve aralık tip-2 bulanık değer skalaları (Chen ve Lee, 2010).

TOPSIS’te kullanılan dilsel terimler	Aralık Tip-2 Bulanık Değerler
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9,1,1,1;1,1), (0.95,1,1,1;0.9,0.9)
Yüksek (Y)	(0.7,0.9,0.9,1;1,1), (0.8,0.9,0.9,0.95;0.9,0.9)
Orta Yüksek (OY)	(0.5,0.7,0.7,0.9;1,1), (0.6,0.7,0.7,0.8;0.9,0.9)
Orta (O)	(0.3,0.5,0.5,0.7;1,1), (0.4,0.5,0.5,0.6;0.9,0.9)
Orta Düşük (OD)	(0.1,0.3,0.3,0.5;1,1), (0.2,0.3,0.3,0.4;0.9,0.9)
Düşük (D)	(0,0.1,0.1,0.3;1,1), (0.05,0.1,0.1,0.2;0.9,0.9)
Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0,0.1;1,1), (0,0,0,0.5;0.9,0.9)

Özetle, bu önerilen yöntem sonucunda her aday DM için elde edilen Aralık bulanık Tip-2 TOPSIS benzerlik değeri, ilgi aday DM’nin performans değeri olarak kabul edilmiştir. DM performans değeri belirleme akış şeması Şekil 4.4’te verilmiştir. Buna göre Aralık Tip-2 TOPSIS yönteminde kriter ağırlıkları Bölüm 4.2’de bahsedildiği üzere Aralık Tip-2 Bulanık AHS ile belirlenmekte ve ağırlıklı normalize matrisin hesaplanması adımı aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemine entegre edilmektedir.

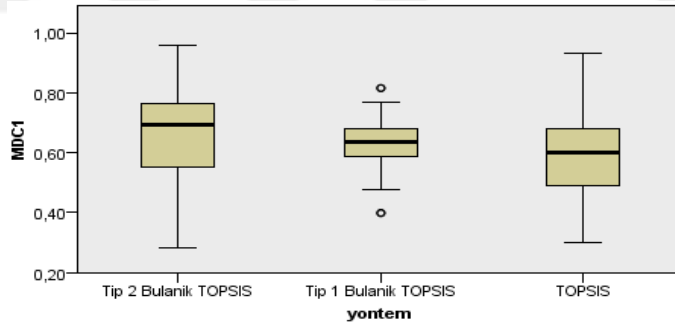


Şekil 4.4 : DM performans değeri belirleme akış şeması.

4.4 Aday DM Performans Değerlerinin Farklı Yöntemlerle Belirlenmesi

Bu tez çalışmasında önerilen yöntemde aday ADM ve GDM'lerin performans değerleri Aralık Tip-2 Bulanık AHS ve TOPSIS yöntemlerinin Şekil 4.4'teki gibi birlikte kullanılmasıyla hesaplanmaktadır. Bununla birlikte Bölüm 3.3.2'de verilen diğer yöntemlerin kullanımının bu performans değerleri üzerinde değişim yaratıp yaratmayacağı incelenmek istenmiştir. Bu amaçla her bir örnekte 27 farklı ADM alternatifinin bulunduğu 60 farklı örnek veri türetilmiş ve her örnek veri kümesi,

belirlenen ADM karar hiyerarşisine uygun olarak Klasik AHS & TOPSIS, Bulanık AHS & Bulanık TOPSIS ve Aralık Tip-2 Bulanık AHS & Aralık Tip-2 Bulanık TOPSIS yöntemleri ile çözülmüştür. Diğer bir deyişle her veri kümesi 3 farklı yöntem ile çözülmüş ve elde edilen performans değerlerinin sıralamasının istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığı Kruskal Wallis testi ile analiz edilmiştir. Buna göre 27 adet ADM alternatifinin farklı yöntemlerle çözümü sonucunda 15 alternatif ADM için, kullanılan çözüm yöntemi %5 anlam düzeyinde performans değerlerinin sıralamasında farklılık göstermektedir. İlgili sonuçlar Ek A'da verilmiştir. Ardından incelenen üç grup arasında farklılık yaratan grup veya grupların belirlenmesi için analizler yapılmıştır. 1. ADM alternatifinin performans değer sonuçları için ikili karşılaştırma analiz sonuçlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler Şekil 4.5'te, farklılığa neden olan yöntemin analiz sonucu ise Şekil 4.6'da verilmiştir. Buna göre Şekil 4.6'da verildiği üzere 1. ADM alternatifi için anlamlı farklılık yaratan çözüm yöntemi %5 anlam düzeyinde Aralık Tip-2 Bulanık AHS&TOPSIS'tir. Diğer ADM alternatifleri için ise benzer sonuçlar Ek B'de verilmiştir. Buna göre sadece iki adet ADM için sadece Tip-1 Bulanık TOPSIS yöntemi farklılık yaratsa da, diğer 13 ADM için farklılığa neden olan çözüm yöntemi Aralık Tip-2 Bulanık AHS&TOPSIS'tir.

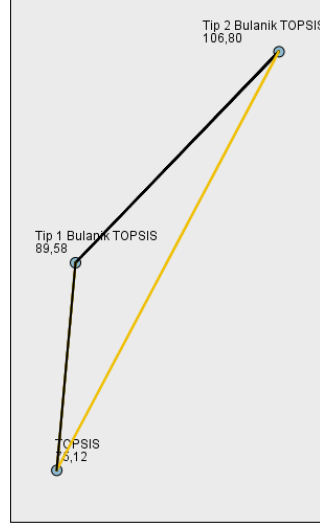


Total N	180
Test Statistic	11,120
Degrees of Freedom	2
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,004

1. The test statistic is adjusted for ties.

Şekil 4.5 : 1. ADM alternatifinin performans değerlerinin çözüm yöntemlerine göre değişimini gösteren tanımlayıcı istatistikler.

Pairwise Comparisons of yontem



Each node shows the sample average rank of yontem.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
TOPSIS-Tip 1 Bulanik TOPSIS	14,467	9,513	1,521	,128	,385
TOPSIS-Tip 2 Bulanik TOPSIS	31,683	9,513	3,330	,001	,003
Tip 1 Bulanik TOPSIS-Tip 2 Bulanik TOPSIS	17,217	9,513	1,810	,070	,211

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05.

Şekil 4.6 : 1. ADM alternatifinin performans değeri belirlenmesinde çözüm yöntemlerinin ikili karşılaştırma sonucu.

Buna göre Aralık Tip-2 AHS & TOPSIS yöntemi Bulanık ve Klasik AHS&TOPSIS yöntemlerine göre daha duyarlı sonuç sağlamaktadır. Aralık tip-2 bulanık mantığın belirsizliklerle baş etmede tip-1 bulanık kümelerle göre daha iyi ve kullanışlı olduğu söylenebilir.

4.5 Önerilen Matematiksel Model

Yapılan yazın taraması ve uzman görüşmeleri sonucunda, karar vericilerin önem verdiği niteliksel ve niceliksel kriterler dikkate alınarak aşağıda verildiği gibi çok amaçlı karma tam sayılı bir matematiksel model oluşturulmuştur.

Kümeler:

K: Talep noktaları kümesi.

J: Geçici dağıtım merkezi (GDM) aday nokta kümesi.

I: Ana dağıtım merkezi (ADM) aday nokta kümesi.

Parametreler:

tal_k : k . talep noktasının talep miktarı

s_j : j . GDM'nin arz kapasitesi

cap_i : ADM'nin arz kapasitesi

d_{jk} : j . GDM ile k . talep noktası arası uzaklık

dis_{ij} : i . ADM ile j . GDM arası uzaklık

w_i : i . ADM nin performans değeri. Aralık Tip-2 TOPSIS sonucunda elde edilen değerdir.

w_j : j . GDM nin performans değeri. Aralık Tip-2 TOPSIS sonucunda elde edilen değerdir.

dom_i : i . ADM alternatifinin depo olanakları kriteri performans değeridir. Depo olanakları kriteri için ÇÖKV modeli sonucudur.

dol_j : j . GDM aday noktasının depo olanakları kriteri performans değeridir. Depo olanakları kriteri için ÇÖKV modeli sonucudur.

α : Her talep noktasında karşılanacak minimum talep oranı.

hl_i : i . ADM aday noktasının en yakın havalimanına olan uzaklığı.

dl_i : i . ADM aday noktasının en yakın limana olan uzaklığı.

λ : ADM aday noktasının sahip olması istenen istenen minimum depo olanakları kriteri performans değeri.

μ : GDM aday noktasının sahip olması istenen istenen minimum depo olanakları kriteri performans değeri.

P : ADM aday noktasının en yakın havalimanına olması istenen maksimum uzaklığı.

R : GDM aday noktasının en yakın limanına olması istenen maksimum uzaklığı.

$maksortyurume$: Bir afetzedenin talep noktasından kendisine atanan GDM'ye yürümesine izin verilen maksimum ortalama uzaklık.

$maksyurume$: Bir afetzedenin kendisine atanan GDM'ye yürümesine izin verilen maksimum uzaklık

$minGDM$: Bir GDM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı

$minADM$: Bir GDM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı

Karar Değişkenleri:

$$x_i : \begin{cases} 1; & i. \text{ADM açılırsa} \\ 0; & \text{aksi durumda} \end{cases} \quad i = 1 \dots r$$

$$y_j : \begin{cases} 1; & j. \text{GDM açılırsa} \\ 0; & \text{aksi durumda} \end{cases} \quad j = 1 \dots n$$

t_{jk} : j . GDM tarafından k . talep noktasının karşılanan talep miktarı

tas_{ij} : i . ADM'den j . GDM'ye gönderilen ürün miktarı

Yukarıda küme, parametre ve karar değişkeni bilgileri ile önerilen matematiksel model aşağıda verilmiştir:

$$Z_1 (\min) \sum_j \sum_k d_{jk} t_{jk} + \sum_i \sum_j d_{ij} tas_{ij} \quad (4.1)$$

$$Z_2 (\max) \sum_i w_i x_i + \sum_j w_j y_j \quad (4.2)$$

$$Z_3 (\min) \sum_k (tal_k - \sum_j t_{jk}) \quad (4.3)$$

$$Z_4 (\min) \sum_j y_j \quad (4.4)$$

$$Z_5 (\min) \sum_i x_i \quad (4.5)$$

$$Z_6 (\min) \sum_j \sum_k d_{jk} t_{jk} / \sum_j \sum_k \alpha \cdot tal_k \quad (4.6)$$

Öyle ki;

$$\sum_k t_{jk} \leq s_j y_j, \forall j \quad (4.7)$$

$$\sum_j t_{ij} \leq cap_i x_i, \forall i \quad (4.8)$$

$$\sum_i tas_{ij} = \sum_k t_{jk}, \forall j \quad (4.9)$$

$$\sum_j t_{jk} \geq \alpha \cdot tal_k, \forall k \quad (4.10)$$

$$dom_i \geq \lambda, \forall \sum_i x_i / 2 \quad (4.11)$$

$$dol_j \geq \mu, \forall \sum_j y_j / 2; \quad (4.12)$$

$$\sum_i hl_i \leq P, \forall \sum_i x_i \geq 1 \quad (4.13)$$

$$\sum_i dl_i \leq R, \forall \sum_i x_i \geq 1 \quad (4.14)$$

$$\sum_j \sum_k d_{jk} t_{jk} \leq maksortyurume * \sum_j \sum_k t_{jk} \quad (4.15)$$

$$\sum_j \sum_k d_{jk} \leq maksyurume, \forall \sum_j \sum_k t_{jk} > 0 \quad (4.16)$$

$$y_j \leq \sum_k t_{jk}, \forall j \quad (4.17)$$

$$x_i \leq \sum_j tas_{ij}, \forall i \quad (4.18)$$

$$y_j \leq \sum_i tas_{ij}, \forall j \quad (4.19)$$

$$\sum_i tas_{ij} \geq minGDM * s_j y_j, \forall j \quad (4.20)$$

$$\sum_i tas_{ij} \geq minADM * cap_i x_i, \forall i \quad (4.21)$$

Verilen modelde (4.1)-(4.6)'da amaç fonksiyonları verilmiştir. Denklem (4.1)'de verilen ilk amaç; açılan GDM, ADM ve talep noktaları arasındaki toplam ağırlıklı uzaklığın minimize edilmesidir. Denklem (4.2)'deki ikinci amaç, açılan DM'lerin performans değerlerinin en büyüklenmesidir. Diğer bir deyişle, ADM ve GDM yer seçimi için istenen kriterlere daha uygun olan dağıtım merkezlerinin açılması ve afet yardım operasyonlarının etkinliğinin artırılması hedeflenmektedir. Denklem (4.3)'te verilen üçüncü amaç, toplam karşılanmayan talebin minimize edilmesini sağlamaktadır. Dördüncü (Denklem 4.4) ve beşinci (Denklem 4.5) amaçlar ise sırasıyla açılacak geçici ve ana dağıtım merkezi sayısının minimize edilmesidir. Denklem (4.6)'da verilen altıncı amaç ise bir talep noktasındaki afetzedenin yardım malzemelerine ulaşmak için GDM'ye yürüdüğü uzaklığın en aza indirilmesini sağlamaktadır.

(4.7) ve (4.8) kapasite kısıtlarıdır ve sırasıyla her GDM ve ADM'den talep noktalarına gönderilen ürün miktarının en fazla ilgili GDM ve ADM kapasitesi kadar olmasını sağlamaktadır. Denklem (4.9) ile verilen kısıt bir GDM'ye gönderilen ürün sayısının buradan çıkan ürün sayısına eşit olmasını sağlamakta ve bir GDM'de ürün kalmasına izin vermemektedir. Diğer bir deyişle, bir GDM'ye gelen her ürün talep noktalarına iletilmektedir. Denklem (4.10)'da verilen kısıt ise talep noktalarına adil dağıtım yapılması ile ilgilidir. Bu konu, insani yardım lojistiğinde etik olarak oldukça önemli bir yer kaplamakla birlikte yazında bunun nasıl modelleneceği net değildir (Huang ve diğ., 2012). Bu bağlamda önerilen modeldeki Denklem (4.10), her talep noktasının talebinin en az karar verici tarafından belirlenen oranda karşılanmasını sağlamaktadır. Böylece örneğin uzaklık gibi bir nedenle, model tek bir bölgedeki talebi karşılamayacak; tüm talep noktalarında en az istenen oranda ürün gönderimi yapılacaktır.

Önerilen modelin ikinci amacında, Denklem (4.2) ile açılan DM'lerin performans değerlerinin yüksek olması sağlanmaya çalışılmaktadır. Depo olanakları kriteri; taşıma, stoklama vb. işlemlerin etkin bir şekilde yürütülmesi ve ürünlerin bozulmadan

afetzedelere ulaştırılabilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle açılacak ADM ve GDM'lerin en az yarısının, ADM ve GDM için depo olanakları performans değerinin karar vericinin belirlediği bir oranın üstünde olması istenmektedir ve sırasıyla Denklem (4.11) ve (4.12) ile modele eklenmiştir. Depo olanakları performans değeri, Şekil 4.4'te verildiği üzere ÇÖKV modeli ile belirlenmekte; ancak ilgi hesaplama yapılırken Aralık Tip-2 Bulanık TOPSIS yönteminde sadece depo olanakları kriteri dikkate alınmaktadır. Böylece açılacak DM'ler ile daha etkin operasyon yapılabilmesi sağlanacaktır.

Denklem (4.13) ve (4.14)'te verilen kısıtlar, açılan en az bir ADM'nin sırasıyla havayolu ve denizyolu tedarik noktalarına olan uzaklığının karar vericinin belirlediği bir değerin altında olmasını sağlamaktadır. Böylece tedarik noktalarından açılan ADM'lere ürün aktarımının farklı taşıma türleriyle ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi amaçlanmıştır. Denklem (4.15), bir afetzedenin hizmet aldığı GDM'ye olan ortalama yürüme mesafesinin karar verici tarafından belirlenen bir değerin altında olmasını sağlamaktadır. Böylece GDM ve talep noktası arasındaki ortalama mesafenin karar verici tarafından kabul edilebilen bir uzaklık olması sağlanmaktadır. Denklem (4.16) ise bir afetzedenin hizmet aldığı GDM'ye olan yürüme uzaklığına bir üst sınır tanımlamakta ve kısıt (4.15) ile belirlenen ortalama uzaklık sağlanırken, bir afetzedeye çok uzak bir GDM atanarak gerçek hayatta mümkün olmayan mesafelerde yürüme uzaklığı verilmesinin önüne geçilmektedir. Denklem (4.17), (4.18) ve (4.19) sadece bir DM açıldığında oradan ürün transferi olmasını sağlayan tamamlayıcı kısıtlardır. Denklem (4.20) ve (4.21) ise sırasıyla bir GDM ve ADM'nin açılması için, bu DM'in kapasite kullanım oranının belirli bir değerin üzerinde olmasını gerektirmektedir. Bu sayede bir DM'in açılmasına karşın çok az bir ürün gönderimi olması durumu önlenmekte ve açılış maliyetini karşılayabilecek DM'lerin açılması sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada her ADM ve GDM aday noktası için çok ölçütlü grup karar verme yöntemleri kullanılarak bir performans değeri belirlenmektedir. Bu performans değeri, geliştirilen matematiksel modele dahil edilerek, bu kriterlere daha uygun olan dağıtım merkezlerinin seçilmesi hedeflenmiştir. Bu yöntem ile sayısal olmayan farklı ölçütler de göz önüne alınarak karma tam sayılı matematiksel modele dahil edilmiş ve problemin daha kapsamlı ve stratejik bir bakış açısı ile ele alınması amaçlanmıştır. İncelenen yazın taramasında bulanık ÇÖKV ve matematiksel modeli birleştiren bir

Çalışma bulunmamaktadır. Bununla birlikte matematiksel modelin diğ er amaçları olan kapsanmayan talep noktalarının, toplam ağırlıklı uzaklığın, açılan DM sayısının ve afetzedelerin GDM'ye olan yürüme uzaklığının minimizasyonu hem yazın taramasında hem de uzman görüşmelerinde önemli görülen ve her iki DM türü için de dikkate alınan kriterlerdir.

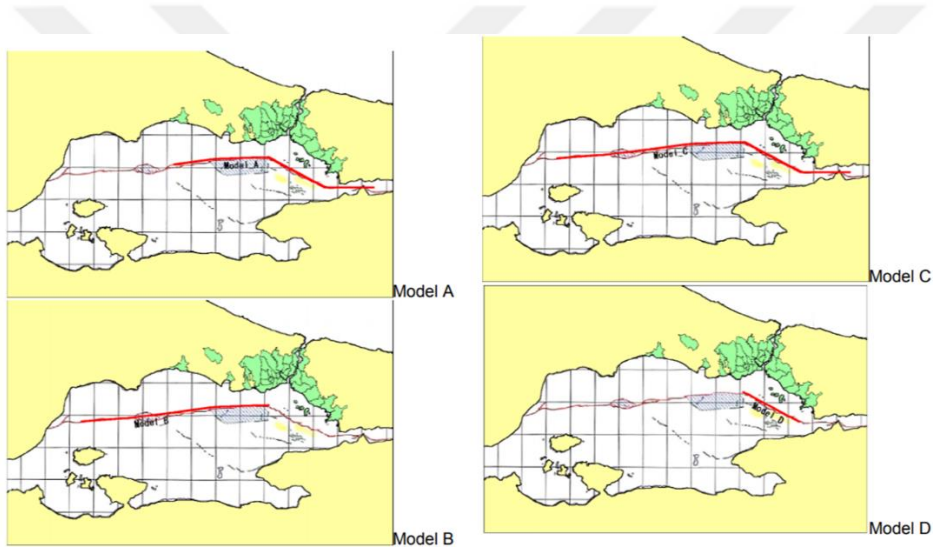


5. İSTANBUL İLİNDE DEPREM SONRASINDA KULLANILACAK ANA VE GEÇİCİ DAĞITIM MERKEZLERİNİN YER SEÇİM UYGULAMASI

İstanbul, Türkiye'nin en büyük şehri olmakla birlikte aynı zamanda ekonomik ve kültürel başkentidir. Deprem, sel, heyelan, fırtına, kuraklık, salgın hastalık, yoğun kar ve orman yangınları İstanbul'da karşılaşılması muhtemel doğal afetlerden önemli olarak görülenlerdir. Meydana gelebilecek hasar ve etkiler açısından ise buların arasında en önemli görülen doğal afet ise depremdir. Tarih boyunca İstanbul ve çevresi birçok depremden zarar görmüş olup günümüzdeyse binaların bulunduğu zeminlerin yerel özellikleri ile binaların yapı kaliteleri, binaların yaşına bağlı olarak oluşan korozyon ve bozulma ve yeni bir deprem olasılığının giderek artması dikkate alındığında çeşitli önlemlerin alınması ve planlamaların yapılması gerektiği açıktır (Tanyaş ve diğ., 2013). Ayrıca yaklaşık 15 milyonluk nüfusu olan İstanbul, depremlere karşı çok riskli olan bir konumdur. Aktif fay bölgesi, şehrin yaklaşık 20 km güneyinde yer alan ve son derece yüksek sismik tehlike riski olan Marmara Denizi'nde yer almaktadır (Le Pichon ve diğ., 2001). İstanbul'u etkileyen son büyük afet ise yaklaşık 20.000 can kaybına sebep olan ve 500.000 kişiyi etkileyen 1999 depremidir (Salman ve Yucel, 2015). Bu depremin ekonomiye olan maliyeti ise yaklaşık 6,2 milyon \$'dır (Erdik ve Durukal, 2008). Yakın gelecekte İstanbul'u etkilemesi beklenen depremin ise yaklaşık 1 - 3 milyon kişiyi etkilemesi, 40.000 -60.000 binada ağır hasara neden olması ve en az 500.000 kişiyi evsiz bırakması beklenmektedir. Tahmini ekonomik hasar ise 60-70 milyar \$'dır. Şekil 5.1'de, 2002 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi iş birliği ile Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) tarafından hazırlanan Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Plan Çalışmasında İstanbul ilini etkileyebilecek senaryo depremler verilmiştir. Kırmızı çizgiler kırılması beklenen fayları belirtmekte olup, İstanbul için en ağır hasarı vermesi beklenen senaryo ise en uzun kırılım hattı senaryosu olan Model C'dir.

Türkiye için afet yönetim çalışmalarının daha çok 1999 depremi sonrasında başladığı söylenebilir. 2009 yılında Başbakanlık'a bağlı olarak Afet ve Acil Durum Yönetimi

Başkanlığı (AFAD) kurulmuş ve tüm Türkiye’de afet ve acil durumlarla ilgili yetki ve sorumlulukların tek bir çatı altında toplanmasını sağlamıştır. 2018 yılında ise İçişleri Bakanlığına bağlanan Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Türkiye’de afetlerin önlenmesi zararlarının azaltılması, afetlere müdahale edilmesi ve afet sonrasındaki iyileştirme çalışmalarının hızlı bir şekilde tamamlanması için gerekli faaliyetlerin desteklenmesi, planlanması, koordine edilmesi, yönlendirilmesi ve uygulanmasından sorumlu olan kurumdur. Bu kapsamda, ülke genelinde Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) ve illerde ise İl Afet Müdahale Planları kapsamında Valilik İl Afet ve Acil durum Müdürlükleri koordinasyonunda hazırlıklar yapılmış olup bir afet anında kurum ve kuruluşların görevleri ve müdahalenin gerçekleştirilme şekli için bir çerçeve hazırlanmıştır.



Şekil 5.1 : İstanbul’da olması muhtemel deprem senaryoları (İBB-JICA Raporu,7-1).

Yakın gelecekte muhtemel bir depremden ağır şekilde etkilenmesi beklenen İstanbul ili için afet hazırlık ve müdahale aşamaları ile ilgili planlama ve çalışmalar yapılması gerektiği açıktır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında önerilen yöntemin İstanbul ili için bir uygulaması yapılmıştır. İlerleyen bölümlerde, uygulaması için verilerin nasıl elde edildiği ve model sonuçlarıyla ilgili detaylar verilmiştir.

5.1 İstanbul İli İçin ADM ve GDM Aday Noktalarının Belirlenmesi

Bu tez çalışmasında aday olarak seçilen ADM ve GDM noktaları İstanbul İl Afet ve Müdahale Planı ve yapılan uzman görüşmeleri ile uyumlu olarak belirlenmiştir. Öncelikle İstanbul İl Afet ve Müdahale Planı’nda ADM ve GDM olarak belirlenen noktalar aday DM noktaları olarak seçilmiştir. Bu dağıtım merkezleri; 5 adet ADM ve

stadyum, okul, kamu binası gibi farklı kullanım kategorileri olan 62 adet GDM'den oluşmaktadır.

ADM'ler afet yardım operasyonlarında kullanılacak daimî tesislerdir ve dağıtım operasyonlarının yönetim üssü olarak da kullanılacağından birçok farklı kriterleri kapsamaları gerekmektedir. Bu kapsamlı kriterlerin karşılanması adına sıradan tesisler kullanılamayacaktır. Kapasite, bina yapısı, alet ve donanım uygunluğu gibi kriterleri karşılama durumu dikkate alınarak İstanbul ili içerisinde faaliyet gösteren ticari kargo firmalarının depoları İstanbul İl Afet ve Müdahale Planı'nda bulunan ADM alternatiflerine ek olarak bu çalışmaya ADM aday noktası olarak dahil edilmiştir.

GDM'ler, afetin gerçekleşmesinin ardından geçici olarak dağıtım merkezine dönüştürülen ve günlük hayatta farklı amaçla kullanılan yapılardır. Uzmanlarla yapılan görüşmelerde, GDM olarak genellikle kamu binalarının tercih edildiği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediyelerine bağlı olan kültür merkezleri GDM aday noktası olarak bu çalışmaya dahil edilmiştir. İstanbul İl Afet ve Müdahale Planı'na göre kamu binaları barınak gibi farklı amaçlarla da kullanıldığından, gerçek hayat ile uyumlu olması adına, hâlihazırda İstanbul İl Afet Müdahale Planı'nda bulunanlar dışındaki okul, spor salonu gibi kamu binaları GDM alternatifi olarak bu çalışmaya dâhil edilmemiştir. Bunun yanında uzmanlar, genellikle kamu binalarının tercih edilmesine karşın, ihtiyaçların karşılanabilmesi adına kamuya ait olmayan özel binaların da GDM olarak kullanılabileceğini iletmiştir. Özellikle bina yapısal özelliklerinin araç giriş çıkışı ile depolama işlemleri için uygun olması nedeniyle alışveriş merkezlerinin GDM olarak kullanımının uygun olacağı değerlendirilmiştir. Ayrıca İstanbul'un neredeyse her ilçesinde de bir adet alışveriş merkezi bulunmaktadır. Bu nedenle, İstanbul ili içerisindeki 83 adet alışveriş merkezi de alternatif GDM noktaları olarak bu uygulama çalışmasında dikkate alınmıştır.

Sonuç olarak İstanbul uygulaması için, bu çalışmada toplamda 27 adet ADM ve 180 adet GDM aday noktası belirlenmiştir. GDM alternatifleri; okul, depo, soğuk hava deposu, kamu binası, spor salonu, kültür merkezi, pazar alanı, garaj, alışveriş merkezi, lojistik merkez ve stadyum olmak üzere 11 farklı tip tesisi içermektedir. Alternatif noktalar hakkında detaylı bilgi Ek C'de verilmiştir.

5.2 ADM ve GDM Yer Seçimi Kriterlerinin Belirlenmesi ve Ağırlıklandırılması – İstanbul Uygulaması¹

DM yer seçimi ile ilgili yazının incelenmesinin ardından, AFAD ve İstanbul Valiliği Sosyal Dayanışma ve Yardımlaşma Vakfı’ndan yetkililer ile görüşülmüştür. Buna göre elde edilen ADM ve GDM yer seçimi ile ilgili karar hiyerarşileri sırasıyla Şekil 4.2 ve 4.3’te, kriter açıklamaları ile detaylı bilgi ise Bölüm 4.1’de verilmiştir.

5.2.1 Uzmanlardan tercih puanlarının alınması

Bu adımda çalışmanın Bölüm 3.3.2.5’te ayrıntıları verilen Aralık Tip-2 Bulanık AHS tekniğinde kullanılması amacıyla 2 AFAD yetkilisi ve İstanbul Valiliği’nde çalışan bir kamu görevlisinden ADM ve GDM’lerin yer seçimini belirleyen kriterlerin önem derecelerinin karşılaştırıldığı anketlerin doldurulması istenmiştir. İlgili anket örneği Ek D’de paylaşılmıştır. Anket, DM yer seçim kriterlerinin ikili karşılaştırmalarının puanlanması prensibine dayanmaktadır. Bu çalışmada, aralık tip-2 bulanık AHS uygulamasında kullanılan dilsel değişkenler ve bunların aralık tip-2 bulanık ölçekleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Anket verilerinden elde edilen sonuçlar bu dokuzlu ölçek ile toplanmıştır.

5.2.2 ADM yer seçim kriterlerinin ağırlıklandırılması – İstanbul uygulaması

Şekil 4.2’de verildiği gibi karar hiyerarşisi oluşturulan ADM yer seçim kriterlerinin ağırlıklarını elde etmek için detaylı adımları Bölüm 3.3.2.5’te verilen aralık tip-2 bulanık AHS yöntemi kullanılmıştır. Örnek olarak ADM yer seçimi ana kriterlerinin Aralık Tip-2 Bulanık AHS adımlarının sonuçları aşağıda Çizelge 5.1-5.3’te verilmiştir.

Öncelikle Çizelge 5.1’de 3 uzmandan alınan anket sonuçları ile ADM yer seçimi ana kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Buna göre ulaşım kriterinin maliyet kriterine göre kıyaslanmasıyla elde edilen veriler Uzman 1, Uzman 2 ve Uzman 3 için sırasıyla (ADÖ, ÇÖ, BDÖ)’dır. Buna karşılık gelen aralık tip-2 bulanık

¹ Bu bölümün içeriği tez yazarı ve danışmanın şu yayınına dayanmaktadır: Yılmaz, H. & Kabak, Ö. (2020), Prioritizing distribution centers in humanitarian logistics using type-2 fuzzy MCDM approach, *Journal of Enterprise Information Management*, 33 (5), 1199-1232. <https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2019-0310>

sayı ise Çizelge 4.2'ye göre; (8,9,9,10;1,1), (8.5,9,9,9.5;0.9,0.9); (6,7,7,8;1,1), (6.5,7,7,7.5; 0.9,0.9); (2,3,3,4;1,1), (2.5,3,3,3.5;0.9,0.9)'dur.

Çizelge 5.1 : ADM yer seçimi ana kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi.

	Uzman 1				Uzman 2				Uzman 3			
Krite	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
K1 Ulaşım	EÖ	ADÖ	EÖ	BDÖ	EÖ	ÇÖ	Ö	ÇÖ	EÖ	BDÖ	AD2	ÇÖ
K2 Maliyet	1/ADÖ	EÖ	EÖ	1/Ö	1/ÇÖ	EÖ	1/ÇÖ	1/AD3	1/BDÖ	EÖ	EÖ	AD3
K3 Altyapı	EÖ	EÖ	EÖ	BDÖ	1/Ö	ÇÖ	EÖ	EÖ	1/AD2	EÖ	EÖ	ÇÖ
K4 Güvenlik	1/BDÖ	Ö	1/BDÖ	EÖ	1/ÇÖ	AD3	EÖ	EÖ	1/ÇÖ	1/AD3	1/ÇÖ	EÖ

Denklem (3.14)'e göre hesaplanan birleştirilmiş kıyaslama değeri aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}\widetilde{a}_{12} &= [(8,9,9,10; 1,1), (8.5,9,9,9.5; 0.9,0.9) \otimes \\ &(6,7,7,8; 1,1), (6.5,7,7,7.5; 0.9,0.9) \otimes (2,3,3,4; 1,1), (2.5,3,3,3.5; 0.9,0.9)]^{1/3} \\ &= (4.58,5.74,5.74,6.84;1,1), (5.17,5.74,5.74,6.29;0.9,0.9)\end{aligned}$$

Bunun ardından her satırın geometrik ortalaması alınarak Tablo 5.2'nin son sütununda verilen değerler elde edilmiştir. Ulaşım kriteri için örnek hesaplama aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}\widetilde{r}_i &= [(1,1,1,1; 1,1), (1,1,1,1; 0.9,0.9) \otimes \\ &(4.58,5.74,5.74,6.84; 1,1), (5.17,5.74,5.74,6.29; 0.9,0.9) \otimes \\ &(2.71,3.11,3.11,3.48; 1,1), (2.91,3.11,3.11,3.29; 0.9,0.9) \otimes \\ &(4.16,5.28,5.28,6.35; 1,1), (4.73,5.28,5.28,5.82; 0.9,0.9)]^{1/4} \\ &= (2.68,3.11,3.11,3.51;1,1), (2.9,3.11,3.11,3.31;0.9,0.9)\end{aligned}$$

Çizelge 5.2 : ADM yer seçimi ana kriterleri birleştirilmiş karşılaştırma matrisi.

	K1 Ulaşım	K2 Maliyet	K3 Altyapı	K4 Güvenlik	Geometrik ortalama ($\widetilde{r}_i$)
K1	(1,1,1,1;1,1), (1,1,1,1;0.9,0.9)	(4.58,5.74,5.74,6.84;1,1), (5.17,5.74,5.74,6.29;0.9,0.9)	(2.71,3.11,3.11,3.48;1,1), (2.91,3.11,3.11,3.29;0.9,0.9)	(4.16,5.28,5.28,6.35;1,1), (4.73,5.28,5.28,5.82;0.9,0.9)	(2.68,3.11,3.11,3.51;1,1), (2.9,3.11,3.11,3.31;0.9,0.9)
K2	(0.15,0.17,0.17,0.21;1,1), (0.16,0.17,0.17,0.18;0.9,0.9)	(1,1,1,1;1,1), (1,1,1,1;0.9,0.9)	(0.51,0.52,0.51,0.52;1,1), (0.51,0.52,0.51,0.51;0.9,0.9)	(0.47,0.58,0.58,0.74;1,1), (0.52,0.58,0.58,0.66;0.9,0.9)	(0.43,0.48,0.47,0.53;1,1), (0.45,0.48,0.47,0.5;0.9,0.9)
K3	(0.29,0.32,0.32,0.37;1,1), (0.3,0.32,0.32,0.34;0.9,0.9)	(1.82,1.91,1.91,2;1,1), (1.87,1.91,1.91,1.96;0.9,0.9)	(1,1,1,1;1,1), (1,1,1,1;0.9,0.9)	(2.29,2.76,2.76,3.17;1,1), (2.53,2.76,2.76,2.97;0.9,0.9)	(1.05,1.14,1.14,1.24;1,1), (1.09,1.14,1.14,1.19;0.9,0.9)
K4	(0.16,0.19,0.18,0.21;1,1), (0.3,0.32,0.32,0.34;0.9,0.9)	(1.34,1.71,1.71,2.15;1,1), (1.51,1.71,1.71,1.93;0.9,0.9)	(0.32,0.36,0.35,0.41;1,1), (0.34,0.36,0.35,0.37;0.9,0.9)	(1,1,1,1;1,1), (1,1,1,1;0.9,0.9)	(0.51,0.58,0.57,0.66;1,1), (0.54,0.58,0.57,0.61;0.9,0.9)

ADM yer seçimi için kriter bulanık ağırlıkları ($\widetilde{w}_i$), Denklem (3.15) kullanılarak elde edilmiş ve sonuçlar Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Ulaşım kriteri için bulanık ağırlık ise örnek olarak aşağıda verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned}
\widetilde{w}_i &= (2.68, 3.11, 3.11, 3.51; 1, 1), (2.9, 3.11, 3.11, 3.31; 0.9, 0.9) \otimes \\
&[(2.68, 3.11, 3.11, 3.51; 1, 1), (2.9, 3.11, 3.11, 3.31; 0.9, 0.9) \oplus \\
&(0.43, 0.48, 0.47, 0.53; 1, 1), (0.45, 0.48, 0.47, 0.5; 0.9, 0.9) \oplus \\
&(1.05, 1.14, 1.14, 1.24; 1, 1), (1.09, 1.14, 1.14, 1.19; 0.9, 0.9) \oplus \\
&(0.51, 0.58, 0.57, 0.66; 1, 1), (0.54, 0.58, 0.57, 0.61; 0.9, 0.9)]^{-1} = \\
&(2.68, 3.11, 3.11, 3.51; 1, 1), (2.9, 3.11, 3.11, 3.31; 0.9, 0.9) \otimes \\
&[(4.67, 5.32, 5.30, 5.93; 1, 1), (4.99, 5.31, 5.30, 5.60; 0.9, 0.9)]^{-1} = \\
&(2.68, 3.11, 3.11, 3.51; 1, 1), (2.9, 3.11, 3.11, 3.31; 0.9, 0.9) \otimes \\
&(0.17, 0.19, 0.19, 0.21; 1, 1), (0.18, 0.19, 0.19, 0.2; 0.9, 0.9) \\
&= (0.452, 0.588, 0.586, 0.75; 1, 1), (0.518, 0.588, 0.586, 0.664; 0.9, 0.9)
\end{aligned}$$

Şekil 4.4'te görüldüğü üzere, alternatif DM performans değerlerinin belirlenmesi amacıyla Aralık Tip-2 Bulanık Ağırlıklar kullanılacaktır. Bununla birlikte kriter ağırlıklarının rahat yorumlanabilmesi için elde edilen bulanık ağırlıklar durulaştırılmıştır. ADM kriterleri için durulaştırılmış ve ağırlık değerleri Çizelge 5.3'te verilmiştir. Buna göre, ADM yer seçiminde en önemli ana kriter %58,6 ile ulaşım'dır. Ulaşım kriterini %21,5 ile altyapı, %10,9 ile güvenlik ve %9 ile maliyet izlemektedir. Buna göre ürünlerin kaynak noktalardan ADM'lere ulaştırılması, en önemli konu olarak görülmektedir. Ardından ise bu teslim alınan ürünlerin ADM'lerde uygun depo altyapısına sahip tesislerde bozulmadan saklanması ve istenildiğinde kolayca ulaşılması istenmektedir. Bununla birlikte bu saklanan ürünlerin güvenliğinin sağlanması, bu işlemlerin maliyetine kıyasla daha önemli olarak görülse de aradaki fark oldukça azdır.

Ulaşılabilirlik, %39,3 ile en önemli ulaşım alt kriteri olarak belirlenmiştir. Kara yolu ve hava yolu ise sırasıyla %7,7 ve % 7,1 ile yaklaşık olarak aynı ağırlığa sahiptir. Son olarak ise deniz yolu %4,5 ile en az önemli ulaşım alt kriteri olarak belirlenmiştir.

Güvenlik kriteri incelendiğinde ise bölge güvenliği (%9), bina güvenliğinden (%1,9) yaklaşık 5 kez daha önemli olarak görülmektedir. Bununla birlikte, depo olanakları alt kriteri (%18,6), ofis olanakları (%2,9) alt kriterinden yaklaşık 6 kat daha önemlidir. En önemli iki depo olanakları alt kriteri ısıtma ve soğutma sistemleri (%5,7) ile tesis yapısal özellikleri (%5,4)'dir. Ayrıca, en önemli ofis olanakları alt kriteri ise %1,7 ile bilişim altyapısıdır. Bina yapısal özellikleri kriterlerinde ise kapalı alan alt kriteri, açık alan alt kriterinden yaklaşık olarak altı kat daha önemli olarak görülmektedir.

Çizelge 5.3 : ADM yer seçimi kriter ağırlıkları.

Kriterler	Aralık Tip-2 Bulanık Ağırlıklar ($\widetilde{w}_i$)	Duru Ağırlıklar
Ulaşım	(0.452,0.588,0.586,0.75;1,1),(0.518,0.588,0.586,0.664;0.9,0.9)	0,586
Maliyet	(0.073,0.09,0.089,0.114;1,1),(0.081,0.09,0.089,0.1;0.9,0.9)	0,09
Altyapı	(0.176,0.216,0.215,0.265;1,1),(0.195,0.216,0.215,0.238;0.9,0.9)	0,215
Güvenlik	(0.086,0.11,0.107,0.141;1,1),(0.097,0.11,0.107,0.122;0.9,0.9)	0,109
<i>Ulaşım</i>		
Ulaşılabilirlik	(0.234,0.392,0.39,0.638;1,1),(0.306,0.392,0.39,0.5;0.9,0.9)	0,393
Kara yolu	(0.048,0.078,0.077,0.127;1,1),(0.062,0.078,0.077,0.098;0.9,0.9)	0,077
Hava yolu	(0.044,0.073,0.072,0.115;1,1),(0.057,0.073,0.072,0.091;0.9,0.9)	0,071
Deniz yolu	(0.028,0.045,0.045,0.073;1,1),(0.036,0.045,0.045,0.057;0.9,0.9)	0,045
<i>Güvenlik</i>		
Bölge güvenliği	(0.057,0.091,0.089,0.146;1,1),(0.071,0.091,0.089,0.112;0.9,0.9)	0,090
Bina güvenliği	(0.012,0.019,0.018,0.031;1,1),(0.015,0.019,0.018,0.023;0.9,0.9)	0,019
<i>Altyapı</i>		
Depo olanakları	(0.131,0.187,0.186,0.268;1,1),(0.157,0.187,0.186,0.223;0.9,0.9)	0,186
Ofis olanakları	(0.02,0.029,0.029,0.041;1,1),(0.024,0.029,0.029,0.034;0.9,0.9)	0,029
<i>Depo olanakları</i>		
Tesis yapısal özellikleri	(0.024,0.052,0.052,0.112;1,1),(0.035,0.052,0.052,0.076;0.9,0.9)	0,054
Isıtma ve soğutma sistemlerinin uygunluğu	(0.028,0.058,0.058,0.119;1,1),(0.041,0.058,0.058,0.083;0.9,0.9)	0,057
Hijyen koşulları	(0.019,0.035,0.035,0.067;1,1),(0.026,0.035,0.035,0.048;0.9,0.9)	0,034
Raf ve çatı sistemlerinin uygunluğu	(0.011,0.022,0.022,0.045;1,1),(0.016,0.022,0.022,0.03;0.9,0.9)	0,022
Depo alet ve araçlarının uygunluğu	(0.01,0.019,0.019,0.037;1,1),(0.014,0.019,0.019,0.026;0.9,0.9)	0,019
<i>Ofis olanakları</i>		
Bilişim altyapısı	(0.01,0.018,0.017,0.029;1,1),(0.013,0.018,0.017,0.022;0.9,0.9)	0,017
Depo ve ofislerin yakınlığı	(0.004,0.006,0.006,0.01;1,1),(0.004,0.006,0.006,0.008;0.9,0.9)	0,006
Yönetimsel çalışmaya uygunluk	(0.003,0.005,0.005,0.008;1,1),(0.004,0.005,0.005,0.006;0.9,0.9)	0,005
<i>Tesisin yapısal özellikleri</i>		
Kapalı alan	(0.017,0.044,0.044,0.114;1,1),(0.028,0.044,0.044,0.07;0.9,0.9)	0,046
Açık alan	(0.003,0.008,0.008,0.02;1,1),(0.005,0.008,0.008,0.012;0.9,0.9)	0,008

5.2.3 GDM yer seçim kriterlerinin ağırlıklandırılması – İstanbul uygulaması

GDM yer seçimi kriter ağırlıkları, ADM yer seçim kriterlerine benzer şekilde hesaplanmıştır ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5.4 : GDM yer seçimi kriter ağırlıkları.

Ana Kriter	Bulanık Tip-2 Ağırlık	Duru Ağırlık
Maliyet	(0.520,0.703,0.703,0.933;1,1), (0.608,0.703,0.703,0.811;0.9,0.9)	0,691
Depo olanakları	(0.119,0.156,0.156,0.214;1,1), (0.136,0.156,0.156,0.181;0.9,0.9)	0,163
Güvenlik	(0.109,0.141,0.141,0.189;1,1), (0.123,0.141,0.141,0.162;0.9,0.9)	0,146
<i>Güvenlik alt kriterleri</i>		
Bölge güvenliği	(0.063,0.112,0.112,0.202;1,1), (0.084,0.112,0.112,0.15;0.9,0.9)	0,116
Bina güvenliği	(0.017,0.029,0.029,0.055;1,1), (0.022,0.029,0.029,0.039;0.9,0.9)	0,030
<i>Depo olanakları alt Kriterleri</i>		
Tesis yapısal özelliklerinin uygunluğu	(0.038,0.072,0.072,0.138;1,1), (0.053,0.072,0.072,0.099;0.9,0.9)	0,075
Isıtma ve soğutma sistemlerinin uygunluğu	(0.022,0.041,0.041,0.083;1,1), (0.03,0.041,0.041,0.058;0.9,0.9)	0,044
Hijyen koşulları	(0.01,0.018,0.018,0.035;1,1), (0.013,0.018,0.018,0.025;0.9,0.9)	0,019
Raf ve çatı sistemlerinin uygunluğu	(0.009,0.016,0.016,0.029;1,1), (0.012,0.016,0.016,0.021;0.9,0.9)	0,016
Depo alet ve araçlarının uygunluğu	(0.005,0.009,0.009,0.017;1,1), (0.007,0.009,0.009,0.012;0.9,0.9)	0,009
<i>Tesis yapısal özellikleri alt kriterleri</i>		
Kapalı alan	(0.027,0.056,0.056,0.119;1,1), (0.039,0.056,0.056,0.081;0.9,0.9)	0,059
Açık alan	(0.008,0.016,0.016,0.034;1,1), (0.011,0.016,0.016,0.023;0.9,0.9)	0,016

GDM yer seçiminde göreceli önemi en yüksek olan kriter % 69,1 ile maliyettir. Afet sonrasında açılacak veya kullanılacak GDM sayısı, ADM sayısına kıyasla çok yüksek olacağından, karar vericilerin maliyet kriterine çok daha fazla odaklanmış olabilecekleri değerlendirilmektedir. Bu ciddi ağırlık, uzmanların kamu binaları gibi maliyeti hiç olmayan veya çok düşük maliyetli tesisleri GDM olarak seçme eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuç, yapılan uzman görüşmeler ile de uyumludur. %16,3 ile “depo olanakları” alt kriterinde göreceli önemi en yüksek iki alt kriter %7,5

görelî önem ile tesis yapısal özellikleri ile %4,4 görelî önemi olan ısıtma ve soğutma sistemleridir. Buna göre, GDM tesislerinin/alanlarının depolama operasyonları için uygun olması istenmektedir. Bunun ardından en önemli görülen nokta ise ürünlerin bozulmadan saklanabilmesidir. Tesis yapısal özellikleri için ise; kapalı alan kriteri, açık alan kriterinden yaklaşık olarak dört kat daha önemli olarak görülmektedir. GDM yer seçimi için ağırlığı en düşük olan ana kriter ise %14,6 ile güvenliktir. Bununla birlikte depo olanakları ve güvenlik kriterlerinin ağırlıklarının birbirlerine çok yakın olduğu söylenebilir. Bölge güvenliği alt kriteri bina güvenliğınden yaklaşık dört kat daha önemli olarak görülmektedir.

5.3 DM Aday Noktalarının Performans Değerlerinin Belirlenmesi²

Bu tez çalışmasında aday DM'lerin performans değerlerinin belirlenmesi için Aralık Tip-2 AHS ve TOPSIS'ten oluşan bir ÇÖKV modeli önerilmiş ve model akış şeması Şekil 4.4'te verilmiştir. Buna göre tüm DM aday tesislerin performans değerlerinin belirlenmesi için Aralık Tip-2 Bulanık TOPSIS kullanılmış ve kriter ağırlıkları Aralık Bulanık Tip-2 AHS ile belirlenmiştir.

5.3.1 ADM performans değerlerinin belirlenmesi

Belirlenen ADM aday noktalarının belirlenen yer seçim kriterlerine göre performans değerlerinin belirlenmesi için kullanılan indikatörler Çizelge 5.5'te verilmiştir. Buna göre alternatif değerlendirmelerinde hem sayısal değerler hem de dilsel terimler göz önüne alınmaktadır. Dilsel terimler için kullanılan değer skalası ise Çizelge 4.3'te belirlenmiştir.

Maliyet kriteri, ilgili aday noktanın devlet binası veya özel mülk olmasına göre değişkenlik göstermektedir. Kamu binaları için en düşük kategori olan dilsel terim VL seçilmiştir. Bununla birlikte özel mülkler için maliyet kriteri kapalı alan büyüklüğüne bağlı olarak elde edilmiştir. İlgili tesis kapalı alan büyüklüğüne bağlı olarak seçilen dilsel terimler Çizelge 5.6'da verilmiştir.

² Bu bölümün içeriğı tez yazarı ve danışmanın şu yayınına dayanmaktadır: Yılmaz, H. & Kabak, Ö. (2020), Prioritizing distribution centers in humanitarian logistics using type-2 fuzzy MCDM approach, *Journal of Enterprise Information Management*, 33 (5), 1199-1232. <https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2019-0310>

Çizelge 5.5 : ADM yer seçim kriter göstergeleri.

Kriter	Birim	Maliyet/Fayda
Maliyet	Dilsel terim	Maliyet
Ulaşılabilirlik	Dilsel terim	Fayda
Kara yolu	Kilometre	Maliyet
Hava yolu	Kilometre	Maliyet
Deniz yolu	Kilometre	Maliyet
Bölge güvenliği	Okuryazarlık oranı	Fayda
Bina güvenliği	Dilsel terim	Fayda
Isıtma ve soğutma sistemlerinin uygunluğu	Dilsel terim	Fayda
Hijyen koşulları	Dilsel terim	Fayda
Raf ve çatı sistemlerinin uygunluğu	Dilsel terim	Fayda
Depo alet ve araçlarının uygunluğu	Dilsel terim	Fayda
Bilişim altyapısı	Dilsel terim	Fayda
Depo alanı ve ofis yakınlığı	Dilsel terim	Fayda
Ofislerin uygunluğu	Dilsel terim	Fayda
Kapalı alan	Metrekare	Fayda
Açık alan	Dilsel terim	Fayda

Çizelge 5.6 : Özel mülkler için maliyet kriteri dilsel terim seçimi.

Kapalı Alan (m ²)	Dilsel Terim
> 50.000	ÇY
30.000-50.000	Y
20.000-30.000	OY
10.000-20.000	O
< 10.000	OD

Ulaşılabilirlik, bina güvenliği, BT altyapısı, depo ve ofis yakınlığı, yönetsel çalışmaya uygunluk, raf ve çatı sistemlerinin uygunluğu, açık alan, hijyen koşulları, depo alet ve araçlarının uygunluğu, ısıtma ve soğutma sistemlerinin uygunluğu kriterleri için ise Çizelge 4.3'te verilen dilsel terimler, ilgili ADM alternatiflerine uzman görüşleri doğrultusunda verilmiştir.

İstanbul İl Afet Müdahale Planı'nda ilgi yardım ekiplerin karada karşılanma noktası Avrupa Yakası için Mahmutbey Gişeler, Anadolu Yakası'nda ise Çamlıca Gişeler olarak belirlenmiştir. Deniz yolu ile gelen yardımların karşılanması için belirlenen noktalar ise Şile, Ambarlı, Zeytinburnu, Karaköy Salıpazarı, TCDD Haydarpaşa, TDİ AŞ Sarayburnu, Pendik Roro ve Şile Limanlarıdır. Hava yolu ile gelecek yardımların ise İstanbul, Atatürk ve Sabiha Gökçen Havalimanlarından yapılması planlanmıştır. Bu nedenle bu tez çalışması kapsamında ana depo yer seçiminin “kara yolu” kriterinde ilgi aday noktanın Anadolu yakası olması durumunda Çamlıca Gişeleri'ne, Avrupa Yakası'nda olması durumunda ise Mahmutbey Gişeler'e olan uzaklığı alınmıştır. “Deniz yolu” kriteri olarak ise İl Afet Müdahale Planında belirlenen sekiz adet limandan ilgi aday ADM'nin en yakın limana olan uzaklığı kilometre cinsinden alınmıştır. Benzer şekilde “hava yolu” kriteri için Anadolu yakasındaki ADM alternatiflerinin Sabiha Gökçen Havalimanına olan uzaklığı, Avrupa yakasındaki ana depo alternatiflerinin ise İstanbul veya Atatürk Havalimanlarına olan uzaklıklarının en kısa olanının kilometre bazında uzaklığı alınmıştır.

Bölge güvenliği için ilgi alternatif ADM'nin bulunduğu ilçeye ait Türkiye İstatistik Kurumu'nun yayınladığı ilçe bazında okuryazarlık oranları alınmıştır. Kapalı alan kriteri için ise Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün Parsel Sorgulama Uygulaması (<https://parselsorgu.tkgm.gov.tr>) üzerinden ilgi aday DM noktalarının elde edilen metrekare değerleri kullanılmıştır.

İndikatörlerin belirlenmesinin ardından, Bölüm 3.3.2.6'da verilen Aralık Tip-2 bulanık TOPSIS adımları uygulanmıştır. Buna göre öncelikle bulanık olmayan sayısal veriler Denklem (3.27) ile normalize edilmiştir. Bir ADM aday noktası için verilen normalize karar matrisi örneği Çizelge 5.7'de verilmiştir. Kullanılan dilsel terimler ve karşılıkları da Çizelge 4.3'te verilmiştir. Ardından (3.28) ve (3.29) numaralı denklemler ile ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulmuştur. Bu aşamada aralık tip-2 AHS ile elde edilen bulanık tip-2 kriter ağırlıkları kullanılmıştır.

Kara yolu bir maliyet kriteri olduğundan pozitif ve negatif ideal çözümler sırasıyla Denklem (3.31) ve (3.32) ile hesaplanarak 0,0043 ve 0,0323 olarak hesaplanmıştır. PIS ve NIS ye olan uzaklıkları (sırasıyla d_i^* ve d_i^-) her aday ADM için ayrı olarak hesaplanmıştır. Yukarıda seçilen örnek için ise pozitif ve negatif ideal çözümden uzaklık değerleri Denklem (3.33) ve (3.34) kullanılarak hesaplanmış olup 0,07 ile 0,0331 olarak elde edilmiştir. Bunun ardından bu ADM alternatifi için performans

değeri olarak kullanılacak olan benzerlik değeri Denklem (3.35) yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$CC_1 = 0,0331/(0,0331 + 0,07) = 0,3215$$

Çizelge 5.7 : Bir ADM aday noktası için kriter değerlendirmeleri.

Kriterler	Veri	Normalize ve Aralık Tip-2 Bulanık Veri
Kara yolu	18,6	0,0858
Deniz yolu	10,9	0,2229
Hava yolu	35,9	0,0684
Kapalı alan	89.757	0,2363
Bölge güvenliği	0,7434	0,1973
Ulaşılabilirlik	Y	(0.7,0.9,0.9,1;1,1), (0.8,0.9,0.9,0.95;0.9,0.9)
Maliyet	OD	(0.1,0.3,0.3,0.5;1,1), (0.2,0.3,0.3,0.4;0.9,0.9)
Bilişim altyapısı	ÇY	(0.9,1,1,1;1,1), (0.95,1,1,1;0.9,0.9)
Depo alanı ve ofis yakınlığı	ÇY	(0.9,1,1,1;1,1), (0.95,1,1,1;0.9,0.9)
Yönetimsel çalışmaya uygunluk	Y	(0.7,0.9,0.9,1;1,1), (0.8,0.9,0.9,0.95;0.9,0.9)
Raf ve çatı sistemlerinin uygunluğu	OD	(0.1,0.3,0.3,0.5;1,1), (0.2,0.3,0.3,0.4;0.9,0.9)
Açık alan	Y	(0.7,0.9,0.9,1;1,1), (0.8,0.9,0.9,0.95;0.9,0.9)
Hijyen koşulları	OD	(0.1,0.3,0.3,0.5;1,1), (0.2,0.3,0.3,0.4;0.9,0.9)
Depo alet ve araçlarının uygunluğu	OD	(0.1,0.3,0.3,0.5;1,1), (0.2,0.3,0.3,0.4;0.9,0.9)
Isıtma ve soğutma sistemlerinin uygunluğu	OD	(0.1,0.3,0.3,0.5;1,1), (0.2,0.3,0.3,0.4;0.9,0.9)
Bina güvenliği	ÇY	(0.9,1,1,1;1,1), (0.95,1,1,1;0.9,0.9)

Benzerlik değerleri, İstanbul uygulamasında kullanılan 27 ADM ve 180 GDM alternatifi için ayrı olarak hesaplanmıştır. Aralık tip-2 TOPSIS sonucu elde edilen benzerlik değeri, ilgi DM aday noktaları için performans değeri olarak kabul edilmiştir ve aday DM'lerin önceliklendirilmesinde kullanılacaktır. İlk 5 sırada olan ADM alternatifleri Çizelge 5.8'de verilmiştir. Birinci ve üçüncü sırada olan ADM alternatifleri halihazırda İl Afet Müdahale Planı'nda kullanılması planlanan lojistik merkezlerdir. Diğerleri ise İstanbul'da faaliyet gösteren ticari kargo firmalarının tesisleridir. Bu sonuç, maliyet kriterinin en az önemli kriter olması ile de uyumluluk göstermektedir.

Çizelge 5.8 : ADM aday noktaları için performans değerleri.

Sıralama	Alternatif	Tesis Tipi	Performans Değeri (CC)
1	Kızılay MAFOM	Depo	0,6889
2	Turkish Cargo	Ticari Depo	0,6255
3	UMKE Anadolu	Depo	0,6235
4	Ekol Lojistik (5)	Ticari Depo	0,5899
5	Migros Lojistik Depo	Ticari Depo	0,577

Tüm ADM alternatifleri performans değerlerine göre sıralandığında, bir tanesi hariç İstanbul İl Afet Müdahale Planı'nda kullanılan tüm noktaların biri hariç ilk 12'de olduğu görülmektedir. En iyi aday nokta olarak görülen ADM 19 (Kızılay MAFOM), ulaşılabilirlik, maliyet, ofis olanakları ile güvenlik kriterleri için en yüksek puanlara sahiptir. Performans değeri en yüksek olan 3 aday noktası incelendiğinde ise, bu üç noktanın ulaşılabilirlik, depo ve ofis altyapısı için en yüksek puanları aldığı görülmüştür. Bununla birlikte ADM 17 (Turkish Cargo)'nin maliyet kriter değerlendirmesi, özel mülk olduğundan çok düşük olsa da; güvenlik ana kriteri ile ulaşılabilirlik, hava yolu, ofis ve depo olanaklarının uygunluğu kriterleri için verilen en yüksek değerlendirme puanlarını aldığından ikinci en iyi aday ADM noktası olarak belirlenmiştir. ADM 18 (UMKE Anadolu)'in güvenlik, ulaşım ile ofis de depo olanaklarının uygunluğu kriterleri ADM 17 ve 19'a kıyasla düşüktür. Bu nedenle maliyet açısından en iyi puan değerini alsa da, ancak üçüncü sırada yerini alabilmiştir. Tüm aday ADM noktalarının performans değerleri Ek E'de verilmiştir.

5.3.2 GDM performans değerlerinin belirlenmesi

Aday GDM noktalarının, belirlenen yer seçim kriterlerine göre performans değerlerinin elde edilmesi için kullanılan göstergeler Çizelge 5.9'da verilmiştir. Oluşturulan karar hiyerarşisine uygu olarak aday GDM'lerin değerlendirmelerinde hem sayısal değerler hem de dilsel terimler göz önüne alınmaktadır.

İstanbul ili uygulaması için belirlenen GDM aday noktaları, kendi içlerinde ilgi binanın kullanım türüne ve yapısına göre gruplara ayrılmıştır. Aday GDM noktalarının bina güvenliği, raf ve çatı sistemlerinin uygunluğu, açık alan, hijyen koşulları, depo alet ve araçlarının uygunluğu ile ısıtma ve soğutma sistemlerinin uygunluğu kriterlerine göre değerlendirmeleri de aday noktaların kullanım türleri baz alınarak Çizelge 5.10'da verildiği gibi yapılmıştır. Bu değerlendirmeler için Çizelge 4.5'te

verilen dilsel terimler kullanılmıştır. ADM aday nokta performans değerlendirmelerine benzer olarak, Şekil 4.4'te verilen adımlar izlenerek GDM alternatiflerinin performans değerleri elde edilmiştir. En yüksek ve en düşük GDM performans değerine sahip aday noktalar Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.9 : GDM yer seçim kriter göstergeleri.

Ana Kriter	Birim	Maliyet/Fayda
Maliyet	Dilsel terim	Maliyet
Bölge Güvenliği	Okuryazarlık	Fayda
Bina Güvenliği	Dilsel terim	Fayda
Isıtma ve Soğutma	Dilsel terim	Fayda
Hijyen ve Depolama	Dilsel terim	Fayda
Raf ve Çatı Sistemlerinin Uygunluğu	Dilsel terim	Fayda
Depo Alet ve Araçlarının Uygunluğu	Dilsel terim	Fayda
Kapalı Alan	Metrekare	Fayda
Açık Alan	Dilsel terim	Fayda

İlk altı sırada bulunan alternatifler incelendiğinde biri hariç hepsi lojistik merkez, depo veya soğuk hava deposu olarak kullanılmaktadır. Ayrıca ilk altıda bulunan tesislerin hepsi kamu binası olup maliyeti bulunmamaktadır. Aynı zamanda yardım ürünlerinin depolanması, tasniflenmesi ve korunması için gerekli altyapıları bulunmaktadır. Bu nedenle en önemli iki GDM kriteri olan maliyet ve altyapı kriterlerini yüksek oranda karşılamaktadırlar. Bu nedenle bu sonucun, kriter ağırlıklarına göre beklenen ve mantıksal bir sonuç olduğu söylenebilir. İlk 10 sırada bulunan diğer aday GDM noktaları incelendiğinde de, bunların kamu binaları olduğu görülmektedir ve en önemli kriter olan maliyeti karşıladıklarından, bunun tutarlı bir sonuç olduğu söylenebilir.

Alışveriş merkezleri, altyapı ve tesis güvenliği kriterlerini yüksek oranda karşılasa da, maliyet kriterinin yüksek göreceli önemi nedeniyle en az performans değerine sahip noktalar olarak görülmektedir. Bu sonuçlar, İstanbul'daki gerçek uygulama ile de örtüşmektedir. Ayrıca, kamu binası olan ve maliyet kriteri en düşük olan alternatifler kendi içerisinde karşılaştırıldığında; kültür merkezleri ve okullar, kurban satış alanı veya pazar alanı gibi boş alanlara kıyasla daha yüksek performans değerine sahiptir. Bu sonuç da güvenlik ve altyapı olanakları açısından beklenen bir durumdur.

Çizelge 5.10 : Bina türü bazında GDM kriter değerlendirmeleri.

Bina Türü	Hijyen Koşulları	Depo Alet ve Araçlarının Uygunluğu	Bina Güvenliği	Raf ve Çatı Sistemlerinin Uygunluğu	Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Uygunluğu	Açık Alan
Okul	OY	D	Y	D	OY	D
Depo	Y	ÇY	ÇY	ÇY	Y	Y
Soğuk Hava Deposu	ÇY	ÇY	ÇY	D	Y	Y
Kamu Binası	OY	OD	OY	D	D	D
Spor Salonu	O	D	OY	D	OY	D
Kültür Merkezi	OD	OD	Y	O	OD	D
Pazar Yeri	ÇD	ÇD	D	D	ÇD	Y
Garaj	ÇD	D	D	D	ÇD	ÇY
AVM	Y	ÇY	Y	ÇY	OY	D
Lojistik merkezi	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y
Stadyum	D	D	Y	OD	O	ÇY

Çizelge 5.11 : En yüksek ve en düşük performans değerine sahip GDM aday noktaları.

Sıralama	GDM Alternatifi	Performans Değeri (CC)	Tesis Türü
1	Üsküdar Belediyesi Lojistik Merkezi	0,9785	Lojistik merkezi
2	Necmettin Erbakan Kültür Merkezi-Afet Yönetim Merkezi Deposu	0,9776	Depo
3	Bağcılar Belediyesi Deposu	0,9772	Soğuk hava deposu
4	Bakırköy Kaymakamlığı	0,9766	Kamu binası
5	Bağcılar Kaymakamlığı İlçe Tasnif Deposu	0,9763	Depo
6	Bağcılar Belediyesi İlçe Tasnif Deposu	0,9762	Depo
7	Avcılar Kaymakamlığı	0,9761	Kamu binası
8	İBB Sancaktepe Eyüp Sultan Kültür Ve Spor Kompleksi	0,9596	Kamu binası
9	Cumhuriyet İlköğretim Okulu	0,9566	Okul
10	Çekmeköy İlköğretim Okulu	0,9565	Okul
...	...	...	...
177	Meydan İstanbul Avm	0,0649	Alışveriş merkezi
178	MaltepePark Avm	0,0645	Alışveriş merkezi
179	Akyaka Park Avm	0,0643	Alışveriş merkezi
180	Cevahir Alışveriş Merkezi	0,0642	Alışveriş merkezi

5.4 Matematiksel Model - İstanbul Uygulaması

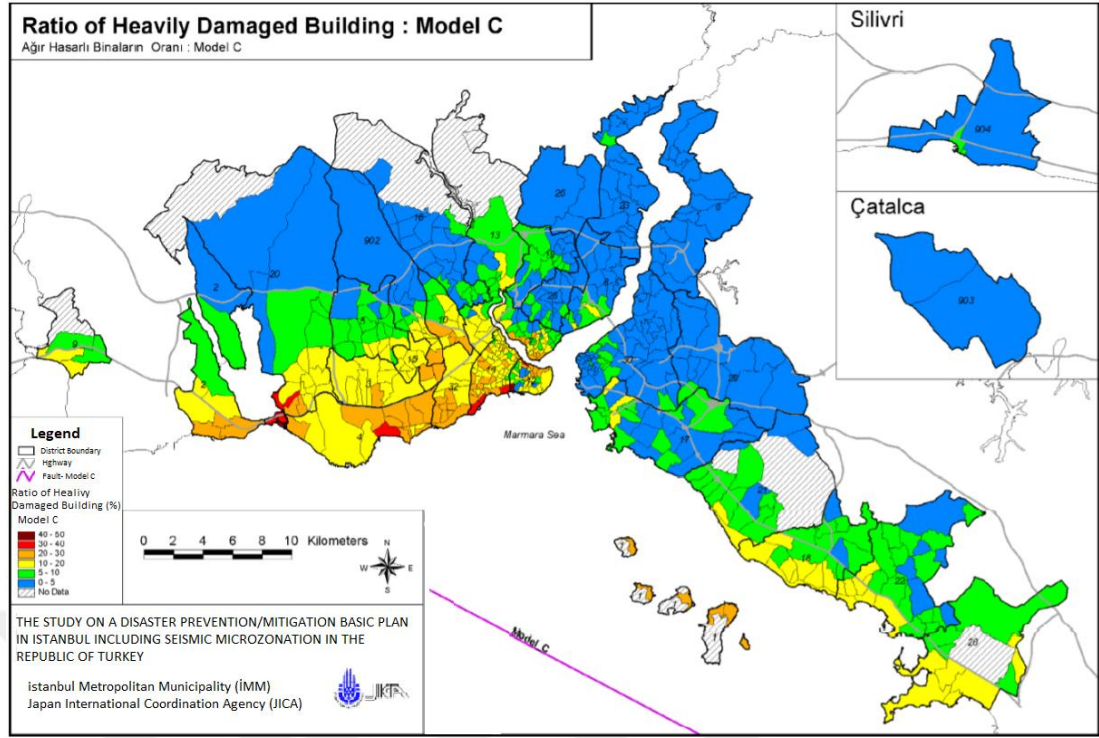
Karma tam sayılı matematiksel modelde kullanılacak aday DM'lerin belirlenme süreci Bölüm 5.1'de detaylandırılmıştır. ÇÖKV modelinin ardından önerilen matematiksel model ise hedef programlama yöntemi ile aşağıdaki adımlar uygulanarak çözülmüştür:

1. Adım: Model, her amaç için ayrı olarak çözülür.
2. Adım: 1. adım ile elde edilen çözümler hedef değerler olarak belirlenir.
3. Adım: Hedef programlama modeli oluşturularak çözülür.

Hedef programlama, çelişen amaçların amaç fonksiyonunda bulunmasını sağlamakla birlikte çözümünde karmaşık prosedürler kullanılmadığından hesap etkinliği sağlamaktadır. Bununla birlikte bu yöntemin en önemli görülen olumsuz yanı ise hedef değerlerin karar verici tarafından belirlenmesidir. Bununla birlikte bu çalışmada kullanılan yöntemde hedefler, yukarıda belirtildiği gibi tüm amaçların ayrı olarak çözülmesiyle elde edilmektedir ve karar verici inisiyatifine bırakılmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada matematiksel modelin çözümü için hedef programlama tercih edilmiştir.

DM'ler üzerinden yardım ürünlerinin ulaştırılacağı talep noktaları ise 482'si Avrupa yakasında, 269'u Anadolu yakasında olmak üzere İstanbul ilindeki 751 mahallenin merkezleri olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte bu uygulama çalışmasına, ayrı bir ulaşım planlaması gerektiğinden Adalar ilçesindeki mahalleler ile herhangi bir aday GDM noktasına 13 km'den fazla uzaklıkta bulunan talep noktaları (mahalleler) dahil edilmemiştir.

İstanbul ilinde yaşanacak bir deprem sonrası her mahallenin etkilenme derecesi ise bina yapısı, zemin özellikleri gibi nedenlerle farklı olacaktır. 2002 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi iş birliği ile Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) tarafından hazırlanan Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Plan Çalışmasında İstanbul ilinde gerçekleşmesi beklenen en ağır hasar verici deprem senaryosu Model C'dir ve Şekil 5.1'de verilmiştir. Buna göre aynı raporda, Model C'nin gerçekleşmesi durumunda İstanbul'daki ilçelerin ve mahallelerin depremten etkilenme durumu Şekil 5.3'te verilmiştir. Koyu kırmızı en ağır hasarın alınacağı bölgeler iken, mavi ve beyazlar depremten çok az ve neredeyse hiç etkilenmeyecek bölgelerdir.



Şekil 5.2 : İstanbul'daki Model C senaryosunun gerçekleşmesi durumunda ağır hasarlı bina oranı. (İBB-JICA Raporu, 2002, 8-21).

Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Plan Çalışmasında Model C senaryosunun gerçekleşmesi durumunda ilgi bölgedeki çok ağır ve ağır hasarlı binalarda ikamet edenlerin %100'ü, orta hasarlı binada oturanların %50'si ve az hasarlı binalarda oturanların ise %10'unun afetten etkileneceği belirtilmiştir. Bu uygulama çalışmasında da talep tahmini yapılırken bu yöntem kullanılmıştır. İstanbul ilinde Model C senaryosunun gerçekleşmesi durumunda hasar alacak bina sayıları ve hasar durumu ile ilgili bilgiler ise İBB'nin 2020 yılında yayınladığı "İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi" kapsamında yayınlanan Olası Deprem Kayıp Tahminleri Kitapçıklarından derlenmiştir. Bu kitapçıklar, ilçe bazında yayınlanmış olup Model C senaryosunun yaşanması durumunda her mahallede hasar alacak binaları gruplamış ve sayılarını vermiştir. Mahallelerde ikamet eden kişi sayısı için ise Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayınlanan 2019 yılı nüfus verileri kullanılmıştır. Örnek olarak Çizelge 5.12'de hasarlı bina sayıları ve nüfus bilgisi verilen Kadıköy ilçesi Kozyatağı Mahallesi için Model C senaryosunun gerçekleşmesi durumunda afetten etkilenecek nüfus aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

Etkilenen Nüfus Sayısı = [(Çok Ağır Hasarlı Bina Oranı*1) + (Ağır Hasarlı Bina Oranı*1) + (Orta Hasarlı Bina Oranı*0,5) + (Hafif Hasarlı Bina Oranı*0,1)] * Nüfus

Çizelge 5.12 : Kozyatağı mahallesi verileri.

İlçe	Mahalle	Nüfus	Çok Ağır Hasarlı Bina Sayısı	Ağır Hasarlı Bina	Orta Hasarlı Bina	Hafif Hasarlı Bina	Etkilenen Nüfus
Kadıköy	Kozyatağı	34.164	3	8	39	208	16.809

Bu tez çalışmasında önerilen modelde gerçek hayat uygulaması ile uyumlu olması için tüm DM'lerin bir kapasite kısıtı olduğu kabul edilmiştir. Bunun için de DM kapasite kısıtları, kapalı alan kriteri için, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün Parsel Sorgulama Uygulaması (<https://parselsorgu.tkgm.gov.tr>) üzerinden elde edilen ve aday DM noktalarının metrekare değerlerine bağlı olarak türetilmiştir.

hl_i , dl_i parametreleri ile talep noktaları (mahalleler), aday ADM ve GDM noktaları arasındaki uzaklıklar ise Google Haritalar üzerinden elde edilmiştir. w_i , w_j , dom_i , dom_j parametreleri ise ÇÖKV modeli ile elde edilen Aralık Tip-2 TOPSIS değerleridir ve ilgi değerler Ek E'de verilmiştir. Bunların dışında kalan α , λ , μ , P , R , $maksortyurume$, $maksyurume$, $minADM$ ve $minGDM$ parametreleri ise karar verici isteğine bağlıdır.

Karar vericiler tarafından belirlenecek model parametreleri $\alpha = 0,8$, $\lambda = 0,618$, $\mu = 0,627$, $P = 17,8$ km, $R = 18,7$ km, $maksortyurume = 4$ km, $maksyurume = 13$ km, $minADM = 0,6$ ve $minGDM = 0,2$ olarak seçilmiş ve örnek çözüm aşağıda verilmiştir. Diğer ayrıntılı analizler ve parametre belirlenmesi için yapılan çalışmalar ise Bölüm 6'da detaylı olarak verilecektir.

1. adım: Model, her amaç için ayrı olarak çözülmüş ve elde edilen çözümler Çizelge 5.13'te verilmiştir.

Çizelge 5.13 : Önerilen matematiksel model hedef değerlerinin örnek problem için belirlenmesi.

	Amaç1 değeri	Amaç2 değeri	Amaç3 değeri	Amaç4 değeri	Amaç5 değeri	Amaç6 değeri
Amaç 1	37.025.590*	88,904	872476,8	124	17	4
Amaç 2	136.605.200	122,885*	477976,2	177	22	4,452
Amaç 3	193.141.700	108,682	0*	161	10	5
Amaç 4	112.355.800	25,911	697540	49*	5	4,201
Amaç 5	114.031.200	89,678	782547,8	136	2*	4,103
Amaç 6	118.461.100	101,556	868707	148	7	3,033*

2. Adım: Önerilen matematiksel modelde maksimizasyon hedefi olan 2. amaç haricinde diğer amaçlar minimizasyondur. Bu nedenle Çizelge 5.13'te (*) ile gösterilen değerler, o amaca ait hedef değeri olarak belirlenmiştir. Örneğin 5. amacın hedef değeri 2'dir.

3. Adım: Bölüm 4.5'te verilen matematiksel model, hedef programlama modeline aşağıda verildiği gibi dönüştürülmüştür. Buna göre yeni amaç fonksiyonu, hedeflerden toplam sapmanın minimize edilmesidir. Hedeflerden sapmalar ise Denklem (5.2)-(5.7) ile hesaplanmaktadır. Diğer kısıtlar ise önerilen matematiksel modelde bulunan kısıtlardır.

$$\text{Min } Z = d_1^+ + d_2^- + d_3^+ + d_4^+ + d_5^+ + d_6^+ \quad (5.1)$$

$$\sum_j \sum_k d_{jk} t_{jk} + \sum_i \sum_j d_{ij} tas_{ij} - d_1^+ = 37.025.590 \quad (5.2)$$

$$\sum_i w_i x_i + \sum_j w_j y_j + d_2^- = 122,885 \quad (5.3)$$

$$\sum_k (tal_k - \sum_j t_{jk}) - d_3^+ = 0 \quad (5.4)$$

$$\sum_j y_j - d_4^+ = 49 \quad (5.5)$$

$$\sum_i x_i - d_5^+ = 2 \quad (5.6)$$

$$\left(\frac{\sum_j \sum_k d_{jk} t_{jk}}{\sum_j \sum_k \alpha \cdot tal_k} \right) - d_6^+ = 3,033 \quad (5.7)$$

$$\sum_k t_{jk} \leq s_j y_j, \forall j \quad (5.8)$$

$$\sum_j t_{ij} \leq cap_i x_i, \forall i \quad (5.9)$$

$$\sum_i tas_{ij} = \sum_k t_{jk}, \forall j \quad (5.10)$$

$$\sum_j t_{jk} \geq \alpha * tal_k, \forall k \quad (5.11)$$

$$dom_i \geq \lambda, \forall \sum_i x_i / 2 \quad (5.12)$$

$$dol_j \geq \mu, \forall \sum_j y_j / 2; \quad (5.13)$$

$$\sum_i hl_i \leq P, \forall \sum_i x_i \geq 1 \quad (5.14)$$

$$\sum_i dl_i \leq R, \forall \sum_i x_i \geq 1 \quad (5.15)$$

$$\sum_j \sum_k d_{jk} t_{jk} \leq maksortyurume * \sum_j \sum_k t_{jk}, \forall j, k \quad (5.16)$$

$$\sum_j \sum_k d_{jk} \leq maksyurume, \forall \sum_j \sum_k t_{jk} > 0 \quad (5.17)$$

$$y_j \leq \sum_k t_{jk}, \forall j \quad (5.18)$$

$$x_i \leq \sum_j tas_{ij}, \forall i \quad (5.19)$$

$$y_j \leq \sum_i tas_{ij}, \forall j \quad (5.20)$$

$$\sum_i tas_{ij} \geq minGDM * s_j y_j, \forall j \quad (5.21)$$

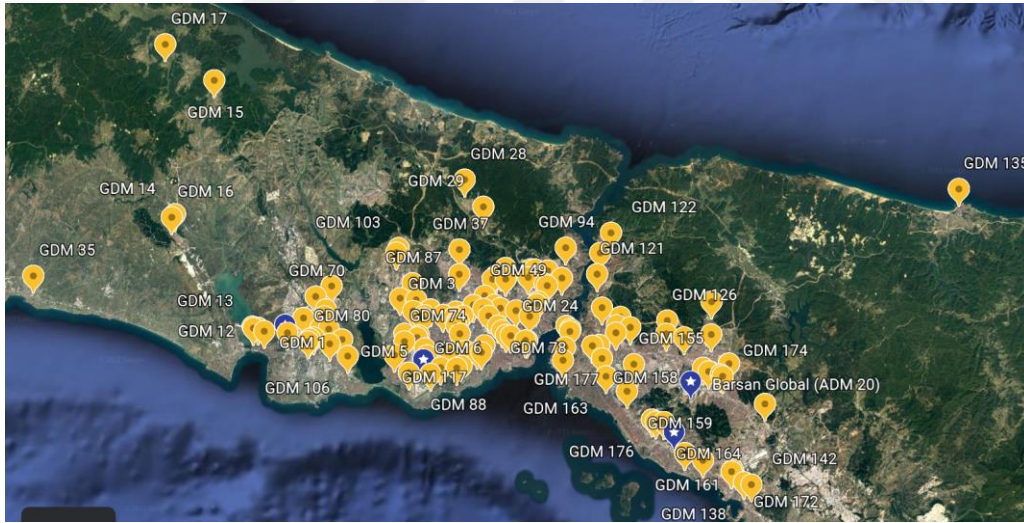
$$\sum_i tas_{ij} \geq minADM * cap_i x_i, \forall i \quad (5.22)$$

$$tas_{ij}, t_{jk}, d^+, d^- \geq 0, x_i, y_j \in 0,1 \quad (5.23)$$

Hedef programlama modeli GAMS yazılımında karma tam sayılı matematiksel model için CPLEX ile çözülmüş ve optimal sonuç Çizelge 5.14'te verildiği gibi elde edilmiştir ve açılan DM'ler Şekil 5.3'te harita üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.14 : Örnek problem hedef programlama çözümü.

Z değeri	Amaç 1	Amaç 2	Amaç 3	Amaç4	Amaç5	Amaç6
2,425	56.724.150	93,838	740.583 (%83)	133	4	3,808



Şekil 5.3 : Örnek İstanbul uygulaması model çözümü.

Buna göre istenen parametreler için İstanbul'da 4 adet ADM, 133 adet GDM açılacak olup karşılanmayan toplam talep ise 740.583'tir ve toplam talebin %83'ü karşılanmıştır. Afetzedelerin GDM'lere olan ortalama yürüme uzaklığı ise 3,808 km'dir. Açılan DM'lerin toplam performans puanı 93,808 olup açılan DM'lerin ortalama puanı ise 0,683'tür. Afetzedelere gönderilen ürünlerin ağırlıklı uzaklığı ise 56.724.150 ürün.km olup, tedarik noktalarından afetzedelere 1 birim ürün taşınması için gereken mesafe ise 18,4 km'dir. Daha önce bahsedildiği üzere, bu çözüm örnek

olarak verilmiş olup, gerçek uygulamada kullanılacak parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle sonraki bölümde senaryo analizleri yapılmış, parametrelerin senaryolara göre amaçları etkileme dereceleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlarla parametre önerileri yapılmış ve buna göre senaryo bazlı sonuçlar hesaplamıştır.





6. SENARYO ANALİZLERİ

İstanbul İl Afet Müdahale Planı'nda aynı bağış ve depo yönetiminden sorumlu olarak ADM ve GDM (ileri dağıtım noktaları)'ndan sorumlu hizmet grubunun afet sonrası en erken 12 saat sonra toplanabileceği planlanmıştır. Afet sonrası en geç 3 gün (72 saat) içinde de talep ve ihtiyaçların belirlenip ADM ve GDM'lerin işler hale getirilmesi planlanmaktadır. Depremi doğası gereği, deprem sonrası koşullar ile ilgili bir belirsizlik mevcuttur. Deprem sonrası öncelikli açılacak yollar İl Afet Müdahale Planı'nda belirlenmekte ve tehlikeli görülen köprü, viyadük gibi kritik ulaşım noktaları için periyodik olarak sağlamlaştırma çalışmaları yapılmaktadır. Bununla birlikte açılmasına karar verilen DM ve talep noktaları arasındaki yolların da açılması öncelikli yol listesine ekleneceği ve ürün transferinde aksama olmayacağı kabul edilmiştir. Bununla birlikte İstanbul ilinde Anadolu ve Avrupa yakası arasındaki köprü ve tünellerin meydana gelebilecek bir depremden alabileceği hasar nedeni ile iki yaka arasındaki ulaşımın kopması durumunda bu kadar kısa sürede köprü ve tüneller onarılamayacaktır. Bu nedenle İstanbul'da yaşanacak olası bir afet sonrasında (Model C) Avrupa ve Anadolu yakaları arasında ürün gönderimi yapılamayan ve her iki yakanın kendi içerisinde DM belirleme çalışmalarının yapıldığı bir senaryo oluşturulmuş, ardından da her iki yaka arasında ürün transferi yapılabilen durum ayrı bir senaryo olarak incelenmiştir.

Oluşturulan her senaryoda modelde karar verici tarafından belirlenen parametre değerlerinin amaç fonksiyonlarında yarattıkları değişimler incelenmiştir. Ayrıca karar vericiler açısından faydalı olduğu düşünülen amaç fonksiyonlarındaki değişimler de ayrıca analiz edilerek kritik eşiklerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Senaryo çalışmalarında incelenen parametre ve amaç fonksiyonları sırasıyla Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Senaryolarda incelenen parametre ve amaç fonksiyonları.

İncelenen Parametreler ve Amaç Fonksiyonları	
1	Maksimum ortalama yürüme mesafesi (<i>maksortyurume</i>) & her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı (α)
2	ADM depo olanakları parametresi (λ) & her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı (α)
3	GDM depo olanakları parametresi (μ) & her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı (α)
4	Açılan en az bir ADM'nin havaalanına olmasına izin verilen en fazla uzaklık parametresi (P) & her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı (α)
5	Açılan en az bir ADM'nin limana olmasına izin verilen en fazla uzaklık parametresi (R) & her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı (α)
6	Bir ADM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı (<i>minADM</i>) & her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı (α)
7	Bir GDM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı (<i>minGDM</i>) & her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı (α)
8	Açılmasına izin verilen ADM sayısı & her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı (α)
9	Açılmasına izin verilen GDM sayısı & her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı (α)
10	Ortalama ürün taşıma uzaklığındaki değişim & her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı (α)
11	Ortalama DM performans değerindeki değişim & her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı (α)

6.1 Senaryo 1: İstanbul Anadolu Yakası Uygulaması

İlk senaryoda, meydana gelen deprem sonrası İstanbul ili Avrupa ve Anadolu yakaları arasında bağlantı kuran Fatih Sultan Mehmet, 15 Temmuz, Kanuni Sultan Süleyman köprülerinin ve Avrasya Tüneli'nin hasar aldığı kabul edilmiş ve bu durumda Anadolu yakasındaki DM yer seçimi problemi yapılmıştır. Bu senaryoda, ADM ve GDM'ler sadece İstanbul ili Anadolu yakasında kurulacak ve bu yakada bulunan 269 mahalledeki talep noktalarına dağıtım yapabileceklerdir. Ayrıca daha önce de

belirtildiği gibi ayrı bir planlama gerektirdiğinden Adalar ilçesi bu çalışma kapsamına dahil edilmemiştir.

Bu tez çalışmasında İstanbul ili Anadolu yakasında açılacak 10 adet ADM, 62 adet GDM aday noktası belirlenmiş olup detaylı liste Ek C’de verilmiştir.

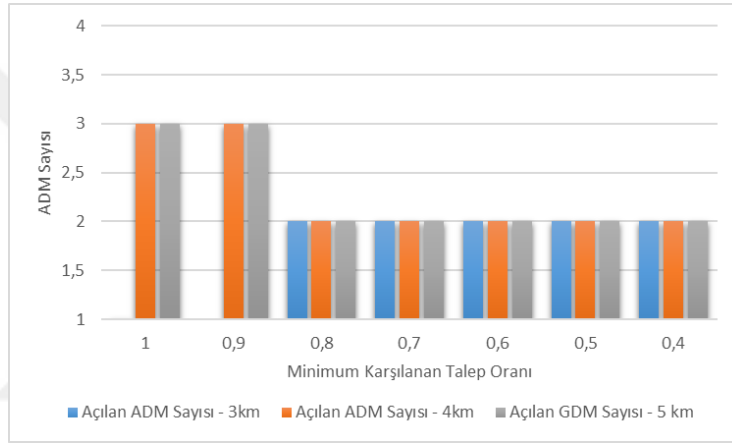
6.1.1 Duyarlılık analizi: Maksimum ortalama yürüme mesafesi ve her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı

Bu bölümde, Senaryo 1 koşullarında karar verici tarafından belirlenmesi gereken parametrelerdeki değişimlerin model amaçlarında yarattığı değişimler incelenmiştir. Öncelikle modelin Anadolu yakası uygulaması için önerilen matematiksel modelin kısıtları sağlayabilmesi için afetzedelerin maksimum yürüme uzaklığının en az 13 km olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bunun altındaki uzaklıklarda model olurlu sonuç vermemektedir. Bu nedenle bundan sonra verilen analizlerde maksimum ortalama yürüme uzaklığı 13 km olarak alınmıştır.

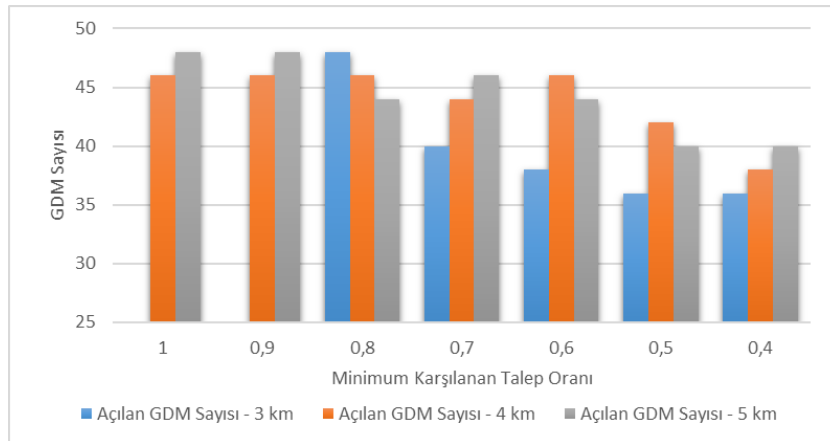
Şekil 6.1’de bir talep noktası (mahalle merkezi) ile açılan GDM arasındaki ortalama yürüme uzaklığı ve her talep noktasında karşılanacak minimum talep oranı parametresindeki değişimlerin açılan ADM sayısında yarattığı etki incelenmiştir. Buna göre ortalama yürüme uzaklığı 3 km seçildiğinde her bölgeden en fazla %80 oranında talep karşılanabilmekte olup talebin tamamı karşılanamamaktadır. Her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı %40 ve %80 arasında seçildiğinde, açılan ADM sayıları tüm yürüme uzaklıkları için 2’dir ve model bu aralıktaki ortalama yürüme uzaklığındaki değişimlere karşı duyarsızdır. Açılan ADM sayısı açısından, karşılanan minimum talep oranındaki kırılma noktası ise %90’dır. Talep karşılanma oranı 0,9’a arttırıldığında açılan ADM sayısı 3’e artmaktadır. Bu oran arttırıldığında da ortalama yürüme uzaklığı 4 ve 5 km iken değişkenlik göstermemektedir. Buna göre açılan ADM sayısının ortalama yürüme uzaklığından etkilenmediği söylenebilir. Bununla birlikte her bölgeden karşılanacak minimum talep oranının 0,8’den 0,9’a arttırılması açılan ADM sayısı bakımından duyarlıdır.

Şekil 6.2’de her talep noktasında karşılanacak minimum talep oranı parametresi ile ortalama yürüme uzaklığı parametresinin açılan GDM sayısında yarattığı değişim incelenmiştir. Buna göre ortalama yürüme uzaklığı 3 veya 5 km seçildiğinde, minimum karşılanan talep oranının %40 ve %50 arasında değişmesi GDM sayısını değiştirmemektedir. Ortalama yürüme uzaklığı 3 km iken her bölgeden karşılanacak

minimum talep oranının %60 - %80 arası her %10'luk artışında 2 adet GDM daha açılmakta; her bölgeden talep karşılanma parametresi %90 seçildiğinde ise açılan GDM sayısı 8 adet artmaktadır. Ortalama yürüme uzaklığı 4 km seçildiğinde ise, %80-100 arası minimum talep karşılanma oranı seçildiğinde açılan GDM sayısı değişmemektedir. Benzer şekilde ortalama yürüme uzaklığı 5 km seçildiğinde de 0,9-1 arası minimum talep karşılanma oranı seçildiğinde açılan GDM sayısı değişmemektedir. Bundan daha az seçilen talep karşılanma oranlarında da açılan GDM sayılarının kademeli olarak azaldığı görülmektedir. Buna göre GDM sayısı açısından, her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı %70 ve altında iken yürüme uzaklığı 3 km; %80 - 100 arasında iken ise ortalama 4 km yürüme uzaklığı seçilebilir.



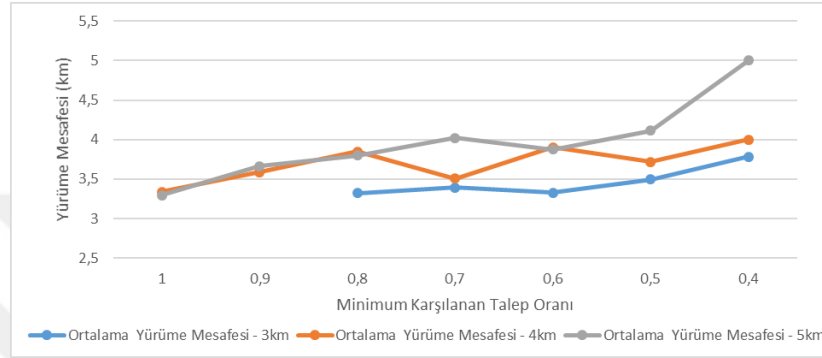
Şekil 6.1: Yürüme uzaklığı parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.



Şekil 6.2: Ortalama yürüme uzaklığı parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.

Şekil 6.3'te ortalama yürüme uzaklığı ile her bölgeden karşılanan minimum talep oranının kişilerin yürüme uzaklığı ile ilişkisi verilmiştir. Beklenildiği üzere en düşük yürüme mesafeleri ortalama yürüme mesafesi 3 km seçildiğinde elde edilmektedir. Ayrıca, her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı %80 ve üzerinde seçildiğinde

ortalama yürüme uzaklığı sonuçları yürüme uzaklığı parametresindeki değişimden etkilenmemektedir. Bununla birlikte, ortalama yürüme uzaklığının 4 km seçilmesi, bir kişinin yürüme mesafesi açısından 5 km'ye göre genel olarak daha iyi sonuçlar vermektedir. Aynı zamanda 3 km ve 4 km arasında fark da bir kişinin ortalama yürüme mesafesi açısından çok yüksek değildir. Bu nedenle %90-%100 talep karşılanma oranında ortalama yürüme uzaklığı 4 km, %80 ve altı durumlarda ise 3 veya 4 km tercih edilebilir.

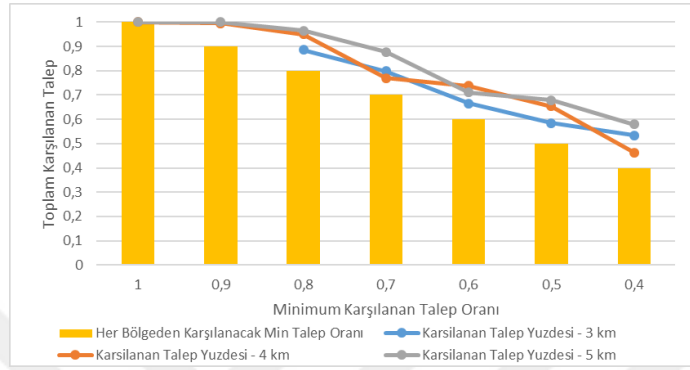


Şekil 6.3: Ortalama yürüme uzaklığı ile her bölgeden karşılanan minimum talep oranı ilişkisi.

Önerilen modelde her bölgeden en az karşılanması istenen talep oranı karar verici tarafından belirlenmektedir. Bununla birlikte çok amaçlı modelin bir amacı da toplam karşılanmayan talebin enazlanması olduğundan, her bölgeden belirlenen oranda talep kapsansa da, bazı bölgelerde de koşullar uygun olduğunda, istenenden daha fazla talep karşılanabilmektedir. Bu nedenle Şekil 6.4'te her bölgeden en az karşılanması istenen talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talepte yarattığı değişim verilmiştir. Buna göre %80 ve üzeri talep karşılama durumunda yürüme uzaklığının 4 veya 5 km seçilmesinin karşılanan toplam talep açısından duyarsız olduğu söylenebilir. Ayrıca genel olarak en düşük talep karşılanma oranı beklenildiği üzere ortalama yürüme uzaklığı 3 km; en fazla ise 5 km seçildiğinde elde edilmiştir. Her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda, ortalama yürüme uzaklığının 3 veya 4 km seçilmesi aynı sonucu verirken, %50 ve %60 talep karşılanma oranlarında ise 4 ve 5 km aynı sonucu vermektedir.

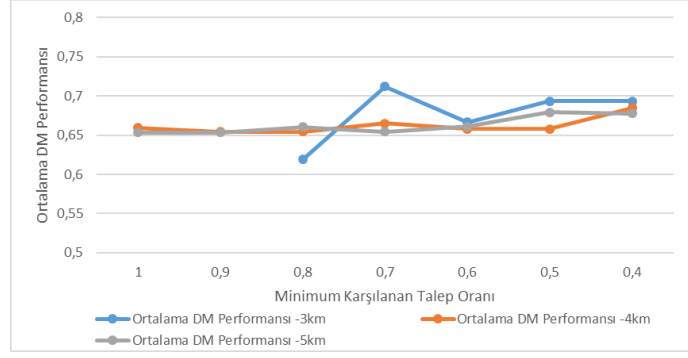
Ortalama yürüme uzaklığı parametresi 3 km seçildiğinde, model bu kısıtı sağlayabilmek için sadece istenen minimum orandaki talebi karşılama eğilimindedir. Ancak bu parametre 4 veya 5 km seçildiğinde, açılan GDM'ler ile daha uzakta olan mahallelere de hizmet verilebildiğinden özellikle minimum karşılanacak talep oranı

0,8 ve üzerinde olduğunda, toplam karşılanan talep oranı da minimum orandan daha fazla olmaktadır. %80 için küçük bir fark olsa da, en az %80 ve üzeri talep karşılanması istendiğinde yürüme uzaklığı parametresinin 4 km seçilmesinin farklılık yaratmadığı ve neredeyse tüm talebin karşılandığı söylenebilir. Bu nedenle toplam karşılanan talep açısından, 0,8 ve üzeri talep karşılanması istendiğinde, ortalama yürüme uzaklığı 4 km tercih edilmelidir.



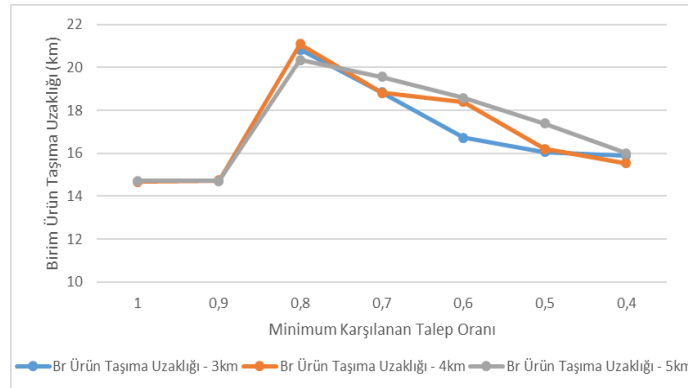
Şekil 6.4: Model ortalama yürüme uzaklığı, her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı ve model sonucu toplam karşılanan talep arasındaki ilişkisi.

Önerilen çok amaçlı matematiksel modelin bir diğer amacı da açılan DM'lerin toplam performans değerinin enbüyüklenmesidir. Bu amaç değerindeki değişimin incelenmesi için de model sonuçlarına ve açılan toplam DM sayısına göre ortalama DM performans değeri hesaplanmıştır. Seçilen ortalama yürüme uzaklığı ve minimum talep karşılanma oranı parametrelerine göre değişimini incelemek için Şekil 6.5'te verilen grafik oluşturulmuştur. Buna göre, en yüksek DM performans değerinin genellikle ortalama yürüme uzaklığı 3 km seçildiğinde görülmektedir. Buna karşılık, bu parametre için en az %80 talep karşılanması durumunda da ortalama DM performans değeri, tüm grafikteki en düşük değeri almaktadır. Bunun nedeni modelin kısıtlanması ve istenen talebi karşılayabilmek için açılmak zorunda kalınan DM'lerin performans değerlerinin düşük olmasıdır. Her bölgeden karşılanan talep oranı en az %50 ve üzeri olduğu durumlarda ortalama yürüme uzaklığı parametresinin 4 veya 5 km olması DM performans değeri açısından değişiklik yaratmamaktadır ve Anadolu yakası uygulaması sonuçlarında ortalama DM performans değerinin yaklaşık olarak 0,65 olacağı söylenebilir. Bununla birlikte minimum karşılanacak talep oranı %80 ve üzeri olduğunda ortalama DM performansı açısından ortalama yürüme uzaklığı 4 km tercih edilmelidir. %70 ve altı talep karşılanma durumunda ise 3 km yürüme uzaklığının seçilmesi önerilebilir.



Şekil 6.5: Model ortalama yürüme uzaklığı, her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı ve model sonucu ortalama DM performans değeri arasındaki ilişkisi.

Önerilen modelin ilk amacı ürünlerin ADM'den GDM aracılığı ile talep noktalarına ulaşması için ürünlerin ağırlıklı taşıma uzaklığının enazlanmasıdır. Diğer bir deyişle ADM ve talep noktası arasındaki uzaklık ve ürünlerin sayısı birlikte dikkate alınmaktadır. Bu değer daha kolay yorumlanabilmesi için toplam ağırlıklı uzaklık değeri, taşınan ürün sayısına bölünerek bir birim ürünün ADM ve talep noktası arasındaki taşıma uzaklığı elde edilmiş ve sonuçlar Şekil 6.6'da verilmiştir. Buna göre birim taşıma uzaklığının en düşük olduğu noktalar her bölgeden en az karşılanan talep oranının %90 ve %100 olduğu durumlardır. %60 talep karşılanma durumu ortalama yürüme uzaklığı parametresinin birim taşıma uzaklığında en duyarlı olduğu noktadır. İkinci en duyarlı olduğu nokta ise %50 talep karşılanma durumu olup her iki duyarlı noktada da ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından 3 km tercih edilebilir. %80 ve üzeri talep karşılanma durumlarında ise birim taşıma uzaklığı açısından ortalama yürüme uzaklığı parametresi duyarsızdır.



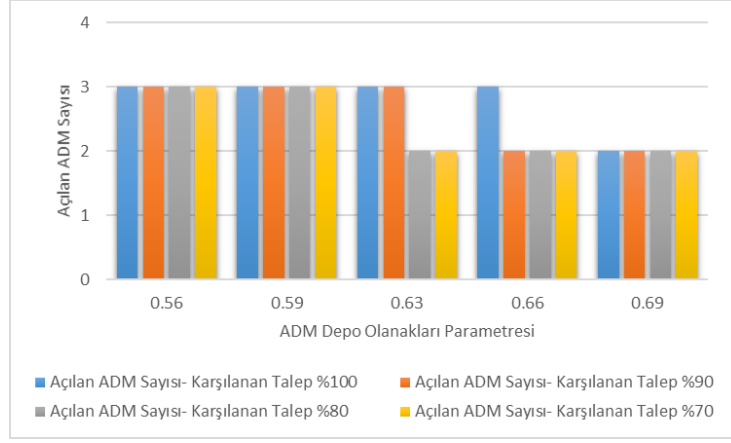
Şekil 6.6: Model ortalama yürüme uzaklığı parametresi, her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı ve birim ürün taşıma uzaklığı arasındaki ilişkisi.

Yukarıda verilen sonuçlar özetlendiğinde; her talep noktasından en az %80 ve üzeri talep karşılanması istendiğinde, parametre olarak ortalama 4 km yürüme mesafesi; her

talep noktasından en az % 40 ve % 70 aralığında talep karşılanması istenen durumlarda da parametre olarak ortalama 3 km yürüme mesafesi tercih edilmelidir. Bununla birlikte elde edilen tüm sonuçlar incelendiğinde; karar verici, her bölgeden en az talep karşılama parametresini %80, GDM ile talep noktası arasında ortalama yürüme mesafesi parametresini ise 4 km tercih edilmelidir. Bununla birlikte 1 adet daha ADM açma maliyetine katlanılırsa tüm talebin karşılanması da tercih edilebilir.

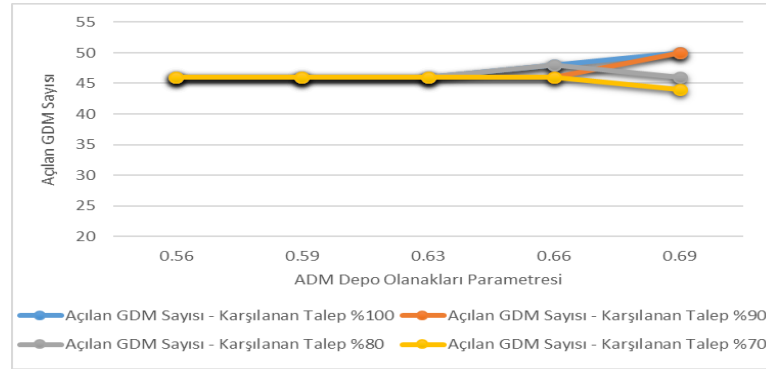
6.1.2 Duyarlılık analizi: ADM depo olanakları parametresi

Önerilen matematiksel modelde açılan ADM'lerin yarısının “depo olanakları” performans değerinin en az karar verici tarafından belirlenen bir değer olması istenmektedir. Bu nedenle bu bölümde bu parametredeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. İstanbul Anadolu yakası uygulaması aday ADM'lerin depo olanakları performans değerlerinin medyanı 0,63'tür. ADM depo olanakları kriteri 0,69'un üzerinde olan tek bir ADM aday noktası bulunurken, 10 adet aday ADM'nin 8 tanesinin ilgi performans değeri de 0,56'nın üzerindedir. Bu nedenle ilgi parametre 0,56 – 0,69 arasında arttırılmış ve bu değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar incelenerek elde edilen sonuçlar Şekil 6.7'de verilmiştir. Bu parametrenin en az 0,63 alınması açılan ADM sayısında farklılık yaratmaya başlamaktadır. ADM depo olanakları parametresinin 0,56 ve 0,59 seçilmesi ise açılan ADM sayısını etkilememekte ve 3 adet ADM açılmaktadır. Bununla birlikte bu parametre 0,63'e arttırıldığında her bölgeden %90 ve 100 talep karşılanma durumunda ADM sayısı yine sabit kalırken %80 ve 70 talep karşılanma durumunda ise açılan ADM sayısı 2'ye düşmektedir. Bunun nedeni bu noktaya kadar modelin ortalama taşıma uzaklığını azaltmak için fazla sayıda ADM açmasıdır. Ancak açılan ADM'lerin kriter değeri arttığında bunu sağlamak için açılan DM sayısını azaltmak durumunda kalmaktadır. Bu nedenle, açılan ADM sayısı, ilgi parametre 0,66'ya yükseltildiğinde, her talep noktasından en az %90 talebin karşılanması durumunda 2'ye düşerken; tüm talebin karşılandığı durumda ise ancak bu parametre 0,69'a arttırıldığında 2'ye düşmektedir. Bunun dışındaki ADM performans değerindeki değişim açılan ADM sayısı duyarlı değildir.



Şekil 6.7: ADM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.

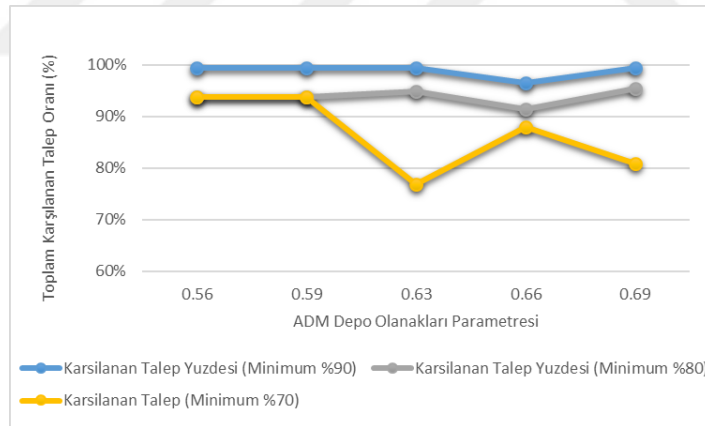
Şekil 6.8’de ise ADM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre bu parametrenin 0,56 – 0,63 arasındaki değişiminin açılan GDM sayısı açısından duyarlı olduğu söylenebilir. 0,63 – 0,66 arasındaki artış ise GDM sayısında çok küçük bir yükseliş yaratmaktadır. Bu parametre 0,69’a arttırıldığında ise; her bölgeden en az %70 ve 80 talep karşılanma durumlarında GDM sayısında küçük bir düşüş yaşanırken, her bölgeden en az %90 ve 100 talep karşılanma durumlarında GDM sayısı artmaktadır. Her talep noktasından en az %90 talebin ve tüm talebin karşılandığı durumlarda bu parametrenin 0,69’a arttırılmasına karşı duyarlılığı yaklaşık aynıdır. Açılan ADM’lerin en az yarısının ADM depo olanakları performans değeri 0,69 üzeri olması istendiğinde tüm talep karşılanma durumunda açılan GDM sayısı 6 adet artmaktadır. Bu artışın nedeni, ADM depo olanakları performans değeri 0,69 üzerinde olan tek bir aday ADM bulunması ve tüm talebin karşılanması durumunda bu depoya bağlı açılan GDM sayısının da diğer amaçlar açısından arttırılmak durumunda kalınmasıdır.



Şekil 6.8: ADM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.

Şekil 6.9’da ADM depo olanakları parametresindeki değişimin toplam karşılanan talebe etkisini gösteren grafik verilmiştir. Buna göre ilgi parametre arttırıldığında her mahalleden en az %80 ve 90 talep karşılama durumu, toplam karşılanan talep açısından aynı değişimi yaratmaktadır. Bu iki senaryoda, incelenen parametre 0,63’e kadar arttırıldığında toplam talep açısından değişim olmazken ilgi parametre 0,66’ya arttırıldığında toplam karşılanan talep yaklaşık %3 azalmaktadır. Bu parametre 0,69’a arttırıldığında ise karşılanan toplam talep %3 ve 4 artmaktadır. %80 talep karşılama durumunun duyarlılığı bu durumda %90’dan biraz daha fazladır.

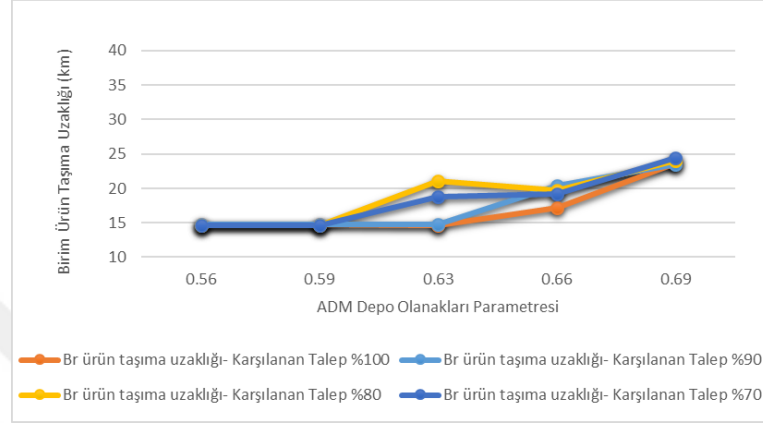
Her bölgeden en az %70 talep karşılama durumu ise ADM depo olanakları parametresinin 0,59 -0,69 arasındaki değişimlerine karşı en duyarlı olunan durumdur. İlgi parametre 0,66’ya arttırıldığında karşılanan toplam talepte yaklaşık %17 azalma olmaktadır. Bu açılan ADM sayısının Şekil 6.7’de verildiği üzere bu noktada azalması ile de ilişkilidir. Bu parametre 0,66’ya arttırıldığında ise artan GDM sayısı ile birlikte karşılanan toplam talep de artmaktadır. İlgi parametre 0,69’a arttırıldığında ise açılan ADM’ler tamamen değişmekte ve açılan depoların DM’lere olan uzaklıklarının fazla olması nedeniyle karşılanan toplam talep de 0,66’ya göre %7 azalmaktadır.



Şekil 6.9: ADM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

Şekil 6.10, ADM depo olanakları parametresinin bir birim ürünün taşınması için kat edilen ortalama uzaklığa etkisini göstermektedir. Buna göre ilgi parametrenin 0,56 – 0,59 arasındaki değişimi, ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından duyarsızdır. Bu parametre 0,63’e yükseltildiğinde her bölgeden en az %100 ve %90 talep karşılama durumları için değişiklik olmazken; en az %80 ve 70 talep karşılama durumunda ise ortalama uzaklık yaklaşık 5 km artmaktadır. İncelenen ADM depo olanakları parametresi 0,66’ya arttırıldığında ise en az %70 ve 80 talep karşılama durumlarında neredeyse değişiklik olmadığı görülürken, %100 talep karşılama durumunda yaklaşık

3 km, her bölgeden en az %90 talep karşılanma durumunda ise yaklaşık 6 km artış yaşanmaktadır. Bu nedenle bu parametredeki artışa en duyarlı talep karşılanma durumu %90'dır. İlgili parametre 0,66'dan 0,69'a arttırıldığında ise tüm talep karşılanma durumlarında yaklaşık 24 km ortalama ürün taşıma uzaklığına ulaşılmaktadır. En yüksek artış ise tüm talebin karşılanma durumunda görülmektedir.



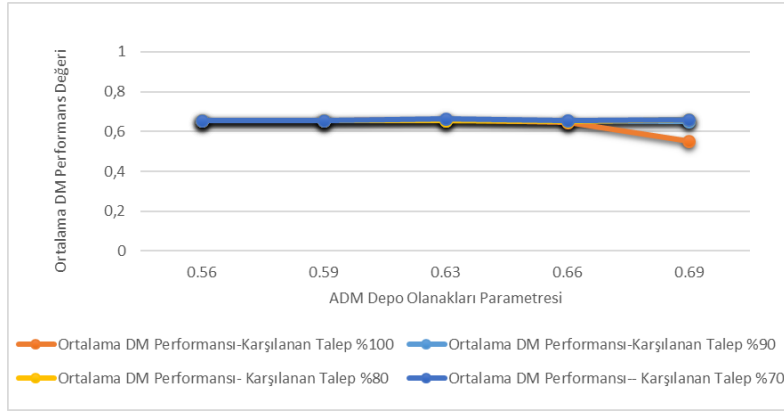
Şekil 6.10: ADM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

Ortalama ürün taşıma uzaklığındaki tüm bu değişiklikler, ADM sayısındaki değişimlerle uyumlu olan sonuçlardır. Buna göre ADM depo olanakları parametresinin kırılım noktaları 0,63 ve 0,66'dır ve ilgili parametre 0,69 seçildiğinde ortalama ürün taşıma uzaklığı en yüksek değerine ulaşmaktadır. Buna göre ürün taşıma uzaklığı açısından tüm talebin ve her bölgeden %90 talep karşılanma durumunda 0,63 ADM depo olanakları performans değeri tercih edilebilir.

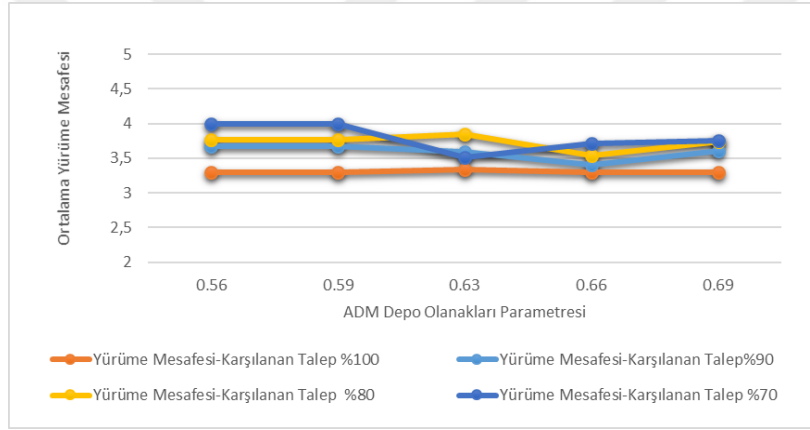
Şekil 6.11'de ADM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi incelenmiş ve bu parametrenin değişimlerine karşı duyarsız olduğu görülmüştür. Bunun tek istisnası ise tüm talebin karşılandığı durumda ADM depo olanakları parametresinin 0,69 seçilmesidir ve bu durumda DM performansı yaklaşık %0,9 azalmaktadır.

Şekil 6.12'de ADM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre ortalama yürüme uzaklığı, tüm talep karşılanma durumunda, ilgili parametredeki değişimlere karşı duyarsızdır. Her talep noktasından en az %70 talep karşılanma durumunda ise ilgili parametrenin 0,59-0,66 arasındaki değişimine karşı duyarlıdır. Buna göre, yürüme uzaklığı açısından %70 talep karşılanma durumunda 0,63 ADM depo olanakları performans parametresi tercih edilmelidir. Her talep noktasından en az % 80 ve 90 talep karşılanma durumunda ise 0,66 parametresi

önerilirken; genel anlamda bakıldığında ilgi parametrenin değişimlerinin yürüme uzaklığı açısından büyük bir fark oluşturmadığı gözlenmektedir.



Şekil 6.11: ADM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.



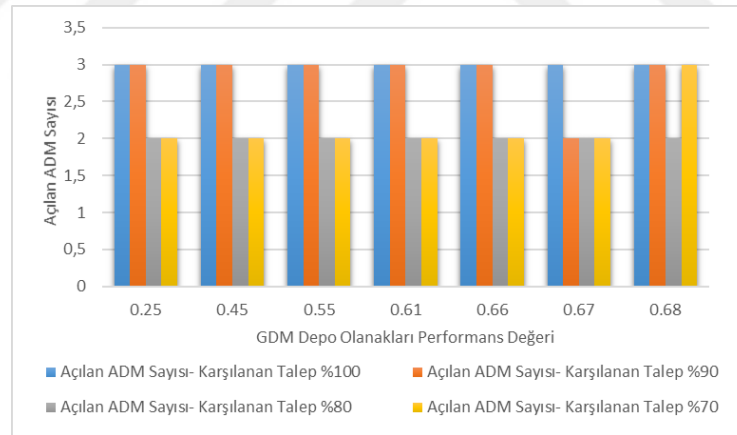
Şekil 6.12: ADM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.

ADM depo olanakları açısından verilen tüm sonuçlar incelendiğinde, İstanbul Anadolu yakası uygulaması için ilgi parametrenin 0,63 veya 0,66 olarak tercih edilmesinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. GDM sayısında küçük bir artışa neden olsa da, afet yardım ürünlerinin daha iyi koşullarda saklanabilmesi ve taşınabilmesi adına karar vericilerin açılacak ADM’lerin en az yarısının depo olanakları performans değerinin 0,66’dan büyük olmasını istemeleri önerilmektedir.

6.1.3 Duyarlılık analizi: GDM depo olanakları parametresi

Önerilen matematiksel modelde açılan GDM’lerin yarısının “depo olanakları” performans değerinin en az karar verici tarafından belirlenen bir değer olması istenmektedir. Bu nedenle bu bölümde bu parametredeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. İstanbul Anadolu yakası uygulaması için

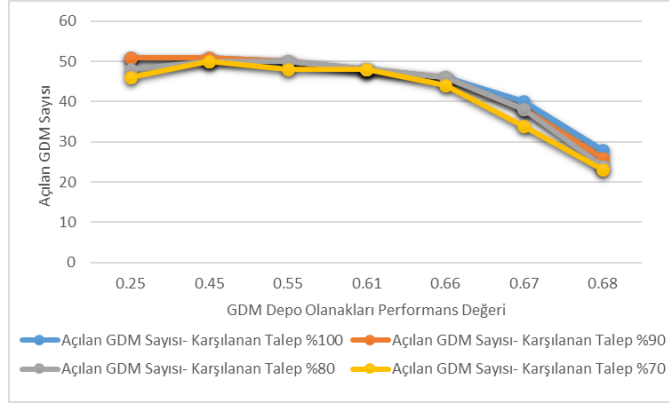
belirlenen aday GDM'lerin depo olanakları performans değerleri 0,21 – 0,77 aralığındadır ve medyan değeri ise 0,66'dır. Ayrıca model, ilgi parametre 0,7 seçildiğinde Anadolu yakası uygulaması için olurlu bir çözüm bulamamaktadır. Bu nedenlerle bu parametre 0,25 – 0,68 arasında arttırılmış ve bu değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar incelenerek sonuçlar Şekil 6.13'te verilmiştir. Buna göre tüm talebin ve her talep noktasından en az %80 talebin karşılanması durumunda GDM depo olanakları parametresinin değişimi açılan ADM sayısını değiştirmemektedir. Bununla birlikte bu parametrenin 0,25 – 0,66 arasında değişimi diğer talep karşılanma durumlarında da değişiklik yaratmamaktadır. İlgi parametre 0,67'ye yükseltildiğinde ise her mahalleden en az %90 talep karşılanma durumunda daha yüksek kapasiteli bir ADM açıldığından toplam ADM sayısını azalırken, 0,68'e arttırıldığında ise her mahalleden en az %70 ve 90 talep karşılanma durumunda açılan ADM sayısı artmaktadır. Buna göre tüm talep karşılanma senaryolarında GDM ofis olanakları performans değerinin 0,67 olması istenebilirken; tüm talebin veya her mahalleden en az %80 talep karşılanması istendiği durumda incelenen parametre 0,68 olarak tercih edilebilir.



Şekil 6.13: GDM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.

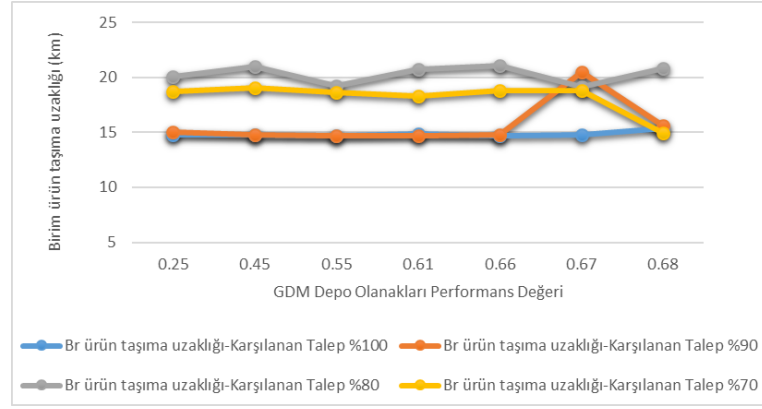
Şekil 6.14'te ise GDM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre, bu parametrenin 0,25-0,61 arasındaki değişimi GDM sayısı açısından yaklaşık olarak aynı sonucu vermekle birlikte, ilgi parametrenin 0,66 ve 0,68 arasında artması, açılan GDM sayısını büyük oranda azaltmaktadır. Açılan GDM sayısı, ilgi parametrenin en duyarlı olduğu nokta ise 0,67 – 0,68 arasındaki değişimdir. Ayrıca bu aralıkta her mahalleden en az %80 talep karşılanması istenen durumda, açılan GDM sayısındaki azalış diğer senaryolara göre daha fazladır. Buna göre model ilgi kısıtı gevşetildiğinde, model ortalama ağırlıklı uzaklığı ve yürüme uzaklığını

azaltmak ve daha fazla talep kapsayabilmek için GDM sayısını arttırma eğilimindedir. Bununla birlikte GDM depo olanakları parametresi 0,61 üzerinde değer aldığı anda, bu kısıtı sağlayan aday DM sayısı az olduğundan, açılan GDM sayısı da azalmaktadır. Bu nedenle GDM sayısı açısından GDM depo olanakları parametresi 0,68 seçilmelidir.



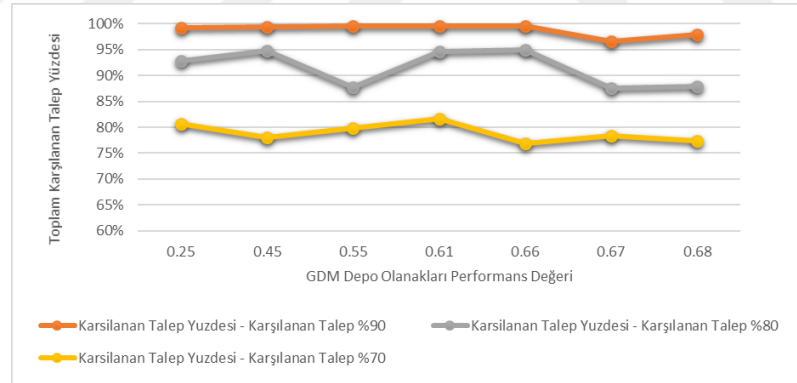
Şekil 6.14: GDM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.

Şekil 6.15'te ilgi parametrenin birim ürün taşıma uzaklığına olan etkisi verilmiştir. Buna göre tüm talep karşılandığında, bu parametredeki değişim ortalama ürün taşıma uzaklığını değiştirmemektedir. Diğer talep karşılama oranları içinse, incelenen parametrenin 0,25 – 0,66 arasındaki artışının ürün taşıma uzaklığı üzerinde farklılık yaratmadığı söylenebilir. İncelenen parametre 0,67'ye arttırıldığında, her mahalleden en az %70 talep karşılanması istendiğinde ortalama ürün taşıma uzaklığı aynı kalmıştır. Bununla birlikte her mahalledeki talebin en az %80'inin karşılanması istendiğinde küçük bir azalma olmuş; her mahalledeki talebin en az %90'ı karşılandığında ise 5 km artış meydana gelmiş ve tüm grafikteki en yüksek fark oluşmuştur. Bu yüksek farkın nedeni ise her mahalleden en az %90 talebin karşılanması istendiğinde ve bu GDM depo olanakları parametresinde açılan ADM sayısının Şekil 6.13'te verildiği gibi azalmasıdır. GDM depo olanakları parametresi 0,68'e arttırıldığında ise tüm senaryolarda yaklaşık olarak değişmeyen ve grafikteki en düşük taşıma uzaklığı sonuçları elde edilmiştir. Bu nedenle ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından incelenen parametrenin 0,68 olarak seçilmesi tercih edilebilir.



Şekil 6.15: GDM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

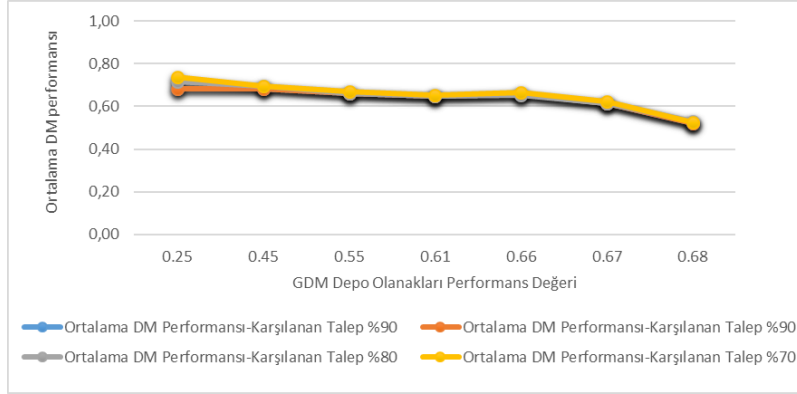
Şekil 6.16’da ise GDM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talep miktarına etkisi verilmiştir. İncelenen parametrenin değişimlerine karşı en duyarlı olunan talep karşılanma durumu her mahalleden en az %80’nin karşılanmasıdır. Her talep noktasından en az %90 talep karşılanma durumu ise, ilgi parametrenin 0,25 – 0,66 arasındaki değişimlerine karşı duyarsızdır. 0,67 – 0,68 arasındaki parametre değişimlerinin ise tüm talep karşılanma senaryolarında değişiklik yaratmadığı söylenebilir.



Şekil 6.16: GDM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talep miktarına etkisi.

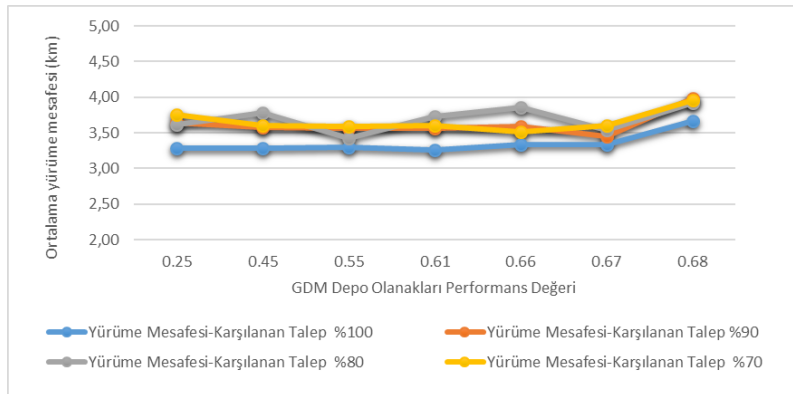
Şekil 6.17’de GDM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre 0,25-0,55 arasında küçük miktarda azalış yaşanırken, ortalama DM performans değeri 0,55 – 0,65 arasındaki değişimlerine karşı duyarsızdır. Bununla birlikte 0,66 – 0,68 arasındaki artışlarla ortalama DM performansı azalmaktadır. En yüksek düşüş ise ilgi parametre 0,67’den 0,68’e arttırıldığında yaşanmakta ve ortalama DM performansı yaklaşık %10 azalmaktadır. Bunun nedeni; depo olanakları performans değeri yüksek olsa da, alışveriş merkezi

gibi maliyet kriteri nedeniyle toplam performans puanı düşük olan DM'lerin açılmasıdır. Bu nedenle ortalama DM performansı açısından GDM depo olanakları parametresi 0,67 olarak tercih edilebilir.



Şekil 6.17: GDM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.18’de ise GDM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre ilgi parametrenin 0,25 – 0,67 arasındaki değişimi her mahalleden en az %70, 90 ve 100 talep karşılanma istendiği durumda değişiklik yaratmamaktadır. Bununla birlikte incelenen parametrenin değişimlerine en duyarlı olan talep karşılanma durumu her bölgeden en az %80 talebin karşılanması istenen durumdur. Ayrıca incelenen parametre 0,68’e yükseldiğinde, ortalama yürüme uzaklığı en yüksek değerine ulaşmakta ve yaklaşık 0,5 km artmaktadır. Buna göre ortalama yürüme uzaklığı açısından GDM depo olanakları parametresi 0,67 tercih edilebilir.

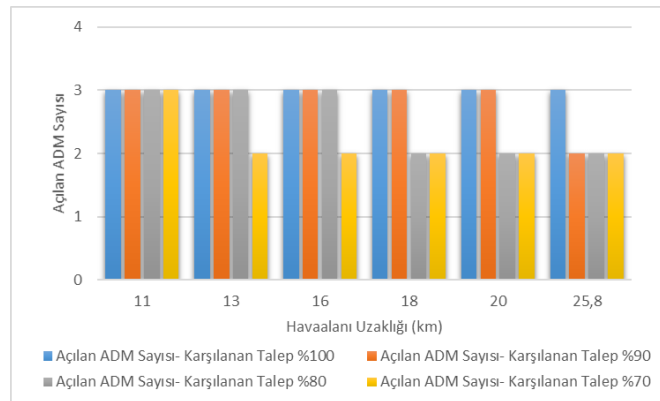


Şekil 6.18: GDM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.

Yukarıdaki sonuçlar incelendiğinde ilgi parametre 0,68 seçildiğinde GDM sayısında yaklaşık 12 adet düşüş sağlasa da, diğer amaçlardaki kötüleşmeden dolayı; GDM depo olanakları parametresinin 0,67 seçilmesi tavsiye edilmektedir.

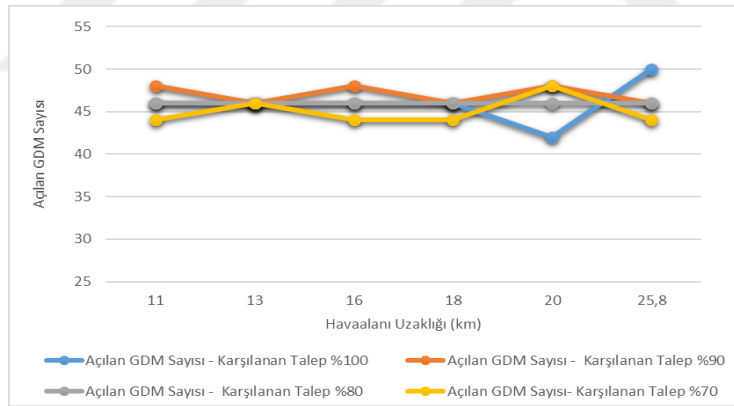
6.1.4 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM'nin havaalanına olan uzaklık parametresi

Önerilen matematiksel modelde açılan ADM'lerin en az bir tanesinin havaalanına olan uzaklığının, en fazla karar verici tarafından belirlenen bir değer kadar olması istenmektedir. Bu bölümde bu parametredeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Buna göre açılan en azından bir ADM'nin havaalanına olan uzaklığının 11 ve 25,8 km'den az olması durumu incelenmiştir. Bu aralık İstanbul Anadolu yakasında seçilen ADM'lerin kendilerine atanan havaalanına olan uzaklık aralığıdır ve açılan ADM sayısı için elde edilen sonuçlar Şekil 6.19'da verilmiştir. Buna göre tüm talebin karşılandığı durumda İstanbul Anadolu yakası uygulamasında açılan ADM sayısı, ADM'nin havaalanına olan uzaklığındaki değişiminden etkilenmemektedir. İlgili parametre 11'den 13 km'ye arttırıldığında; her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda açılan ADM sayısı azalırken, 18 km'ye arttırıldığında her mahalleden en az %80 talep karşılanma durumunda, 25,8 km'ye arttırıldığında ise her mahalleden en az %90 talep karşılanma durumunda açılan ADM sayısı 1 azalmaktadır. Diğer bir deyişle açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olmasına izin verilen uzaklığı arttırıldıkça model istenen diğer kriterlere, uzaklığa ve kapasite kısıtına daha çok uyan ADM'leri açabilmekte ve böylece ihtiyaç duyulan ADM sayısı azalmaktadır. İncelenen parametre değeri azaldıkça ise bu kısıta uyan bir ADM'yi açıp, bunun yanında talebi karşılayabilmek için daha fazla kapasitesi olan farklı ADM'leri de açmak mecburiyetinde kalmaktadır. Bu durumda her mahalleden en az %70, 80 ve 90 talep karşılanma durumu için kritik parametre uzaklıkları sırasıyla 13 km, 18 km ve 25,8 km'dir. Bunun dışındaki parametre değişiklikleri ise açılan ADM sayısı açısından duyarlı değildir.



Şekil 6.19: Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ADM sayısına etkisi.

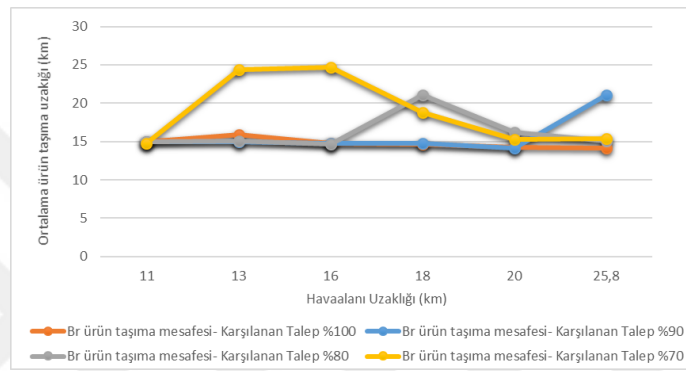
Şekil 6.20’de açılan ADM’lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığın GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre bu parametredeki değişiklikler her mahalleden en az %80 talep karşılanması istendiği durumda GDM sayısını etkilememektedir. Tüm talebin karşılanması istendiği durumda ise bu parametrenin 11–18 km arasındaki değişimi açılan GDM sayılarını değiştirmezken; 20 km’ye arttırıldığında açılan GDM sayısı 4 adet azalmaktadır. Bunun nedeni 20 km’ye izin verildiğinde sayı aynı kalsa da; daha önce izin verilmeyen farklı bir aday ADM’nin açılmasıdır. 25,8 km’ye izin verildiğinde ise model, toplam ağırlıklı uzaklığı azaltmak için daha fazla GDM açmaktadır. %90 talep karşılanma durumunda da sayı aynı kalsa da farklı ADM’ler açılması nedeniyle GDM sayıları üzerinde de değişiklik görülmektedir. Örneğin mahallelerden en az %90 talep karşılama oranı için ilgi parametrenin her değişimi 2 adet GDM açılmasına veya kapanmasına neden olmaktadır. Her talep noktasından en az %70 talep karşılanma durumunda da model sadece 16 - 18 km arasındaki değişime karşı duyarsızdır. Diğer değişimlerde ise açılan ADM’ler değişmekte ve buna bağlı olarak açılan GDM sayıları da değişiklik göstermektedir.



Şekil 6.20: Açılan ADM’lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının GDM sayısına etkisi.

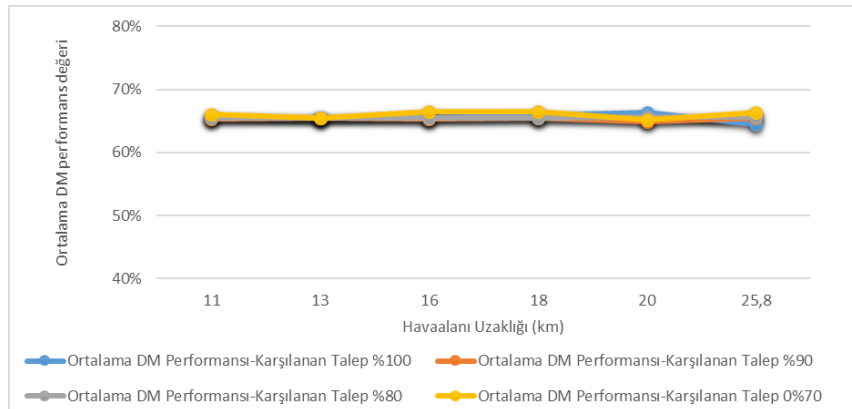
Şekil 6.21’de açılan ADM’lerin en az birinin havaalanına olan maksimum uzaklığının ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre ortalama ürün taşıma uzaklığı, tüm talebin karşılanması durumunda bu parametredeki değişime karşı duyarsızdır. ADM sayısı zaten değişmediğinden, GDM sayısındaki değişikliklerle ortalama ürün taşıma uzaklığının sabit tutulduğu görülmektedir. Her mahalleden en az %90 talep karşılanması durumunda da sadece ilgi parametrenin 20’den 25,8 km’ye arttırılması ile ortalama ürün taşıma uzaklığı yükselmektedir. Bu da, açılan ADM sayısının azaldığı duruma karşılık gelmektedir. Her mahalleden en az % 80 talep

karşılama durumunda ise ilgi parametrenin 18 km olarak seçilmesi, diğerlerine göre yaklaşık 5 km'lik artışa neden olmaktadır. Bu nokta ise yine açılan ADM sayısının azaldığı duruma karşılık gelmektedir. Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olmasına izin verilen maksimum uzaklık parametresindeki değişimlere en duyarlı olunan talep karşılanma durumu ise her bölgeden en az %70 talebin karşıladığı durumdur. Bu sonuç, GDM sayısındaki değişiklikler ile de uyumludur. Ayrıca birim ürün taşıma uzaklığında 10 km artış yaşandığı durumda da açılan ADM sayısı azalmıştır. Tüm bu sonuçlar ele alındığında, açılan ADM sayısında değişim yaşanan kritik noktalarda ortalama taşıma uzaklığının arttırdığı görülmektedir.



Şekil 6.21: Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

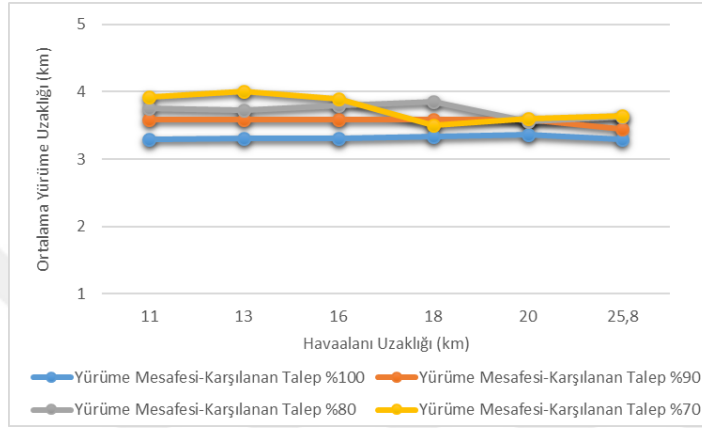
Şekil 6.22'de açılan ADM'lerin havaalanına olan uzaklığının ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre, bu parametrenin ortalama DM performansını etkilemediği söylenebilir.



Şekil 6.22: Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.23'te açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama yürüme uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden

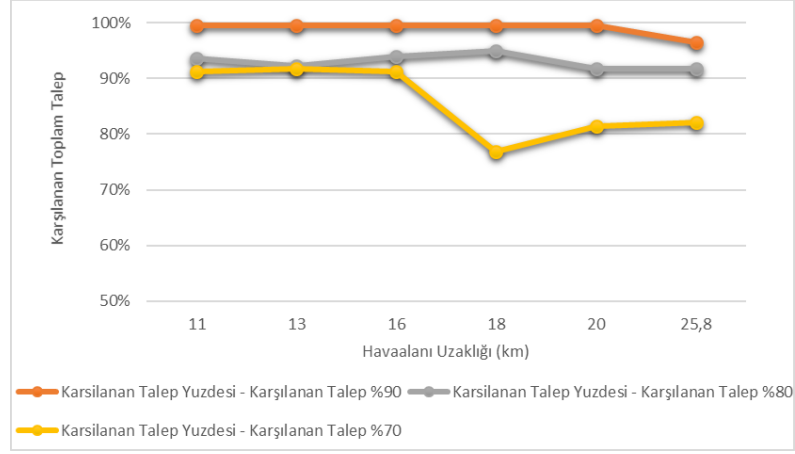
en az % 90 ve %100 talep karşılanma durumlarının bu parametredeki değişimlere karşı duyarsız olduğu söylenebilir. Her mahalleden en az % 80 talep karşılanma durumunda ise ilgi parametre 20 km'ye; %70 talep karşılanması durumunda da 18 km'ye arttırıldığında ortalama yürüme uzaklığında yaklaşık 0,5 km düşüş yaşanmaktadır. Bu noktalar sırasıyla ADM sayısının azaldığı ve GDM sayısında yüksek artış yaşandığı noktalara karşılık gelmektedir. Bunun dışındaki değişimlerinse ortalama yürüme uzaklığı açısından duyarsız olduğu söylenebilir.



Şekil 6.23: Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama yürüme uzaklığına etkisi.

Şekil 6.24'te açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının karşılanan toplam talebe etkisi verilmiştir. Buna göre bu parametredeki değişime en duyarlı olunan durum her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda uzaklığın 18 km'ye arttırılmasıdır. Bu noktada açılan ADM sayısı aynı kalsa da, toplam kapasitesi daha düşük olan farklı ADM'ler açılmış ve bu nedenle karşılanan toplam talepte de yaklaşık %12'lik bir düşüş yaşanmıştır. Bunun dışında talep noktalarından en az %80 talep karşılanması istendiğinde ve incelenen parametre 18 km'ye arttırıldığında küçük bir yükselme yaşanmıştır. Bunun nedeni de yine açılan ADM'lerin ve dolayısıyla kapasitelerinin değişmesidir.

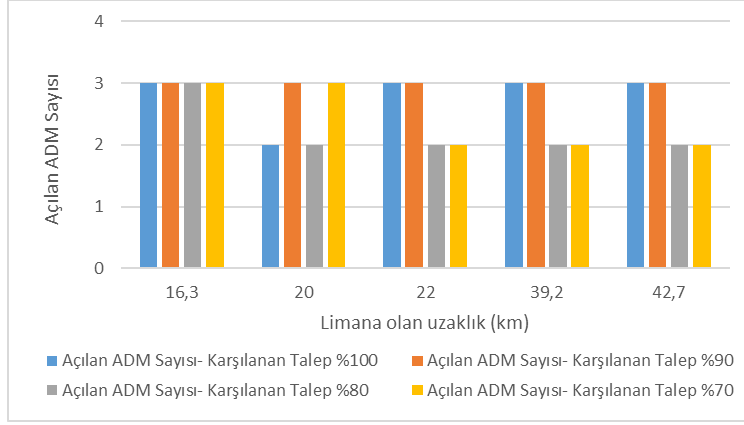
Yukarıda verilen sonuçlar incelendiğinde açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin her talep noktasında karşılanması istenen minimum uzaklığa bağlı olarak fayda sağladığı görülmektedir. İstanbul Anadolu yakası uygulaması için incelenen parametre, her mahalleden en az %70 talep karşılanması istenen durumda 18 km, en az %80 talep karşılanmak istendiğinde 20 km, en az %90 talep karşılanması istendiğinde 25,8, tüm talep karşılanmak istendiğinde ise 20 km olarak seçilebilir.



Şekil 6.24: Açılan ADM’lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının karşılanan toplam talebe etkisi.

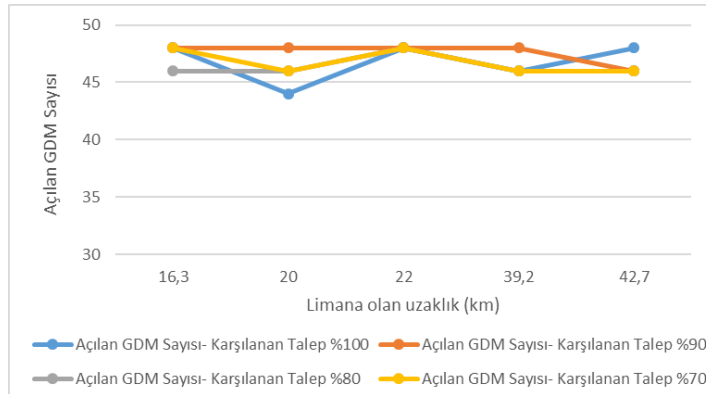
6.1.5 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM’nin limana olması istenen uzaklık parametresi

Önerilen matematiksel modelde açılan ADM’lerin en az bir tanesinin limana olan uzaklığının en az karar verici tarafından belirlenen bir değerden daha az olması istenmektedir. Bu nedenle, bu bölümde bu parametredeki değişimlerin model amaçlarında yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Bu amaçla açılan en azından bir ADM’nin limana olan uzaklığının en fazla 16,3 ve 42,7 km arasında olması senaryoları incelenmiştir. Bu parametredeki değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar sonuçlar Şekil 6.25’te verilmiştir. Buna göre tüm talebin karşılanması durumunda açılan ADM sayısı sadece ilgi parametre 20 km seçildiğinde 1 adet azalmaktadır. Bu noktada daha önce uzaklık nedeniyle açılmasına izin verilmeyen yüksek kapasiteli bir ADM açılabilirdiğinden, bu düşüş yaşanmaktadır. Ancak bu durumda ağırlıklı ürün taşıma uzaklığı çok yükseldiğinden, ilgi parametre arttığında farklı ADM’lerin açılmasına izin verilmekte ve model tekrar 3 adet ADM açmaktadır. Her mahalleden en az %90 talep karşılanma durumunda ise bu parametredeki değişim ADM sayısı açısından duyarsızdır. Her mahalleden en az %80 talep karşılanmak istendiğinde sadece ilgi parametre 20 km’ye arttırıldığında, %70 talep karşılanma durumunda da ilgi parametre 22’ye arttırıldığında ADM sayısı 1 adet azalmaktadır. Her iki değişimde de açılan ADM’ler farklılık göstermektedir. Bunun dışındaki parametre değişimleri ise ADM sayısı üzerinde etkili değildir. Buna göre Anadolu yakası uygulaması için açılan ADM’lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresi en az 20 km seçilmelidir.



Şekil 6.25: Açılan ADM’lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ADM sayısına etkisi.

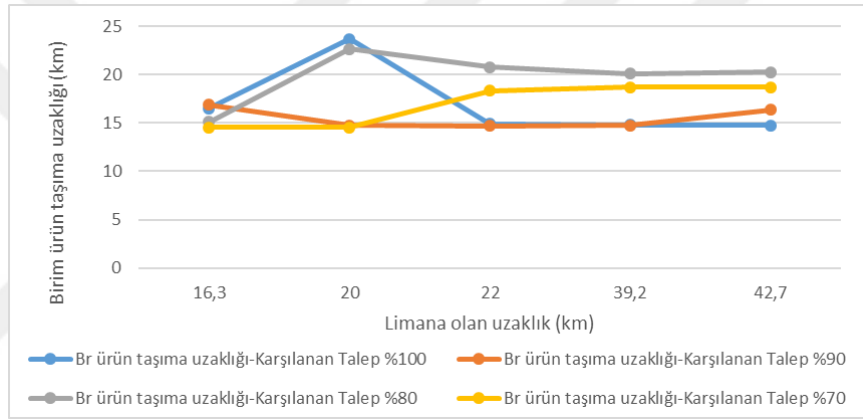
Şekil 6.26’da açılan ADM’lerin limana olan uzaklığının GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre %100 ve her bölgeden en az %70 talep karşılanma durumunda açılan GDM sayısı, incelenen parametre 20 km seçildiğinde azalmaktadır. Bu noktada, tüm talebin karşılanması durumu, her mahalleden en az %70 talebin karşılanması istenen duruma göre daha duyarlıdır ve daha yüksek bir düşüş görülmektedir. İncelenen parametre 22 km’ye arttırıldığında ise tüm talep karşılanma senaryoları için eşit sayıda GDM açılmaktadır. İlgili parametre 20 – 42,7 km arasında değiştiğinde ise her mahalleden en az %70 ve %80 talep karşılanma durumları aynı sonucu vermektedir. Her mahalleden en az %90 durumunda ise bu parametrenin 16,3-39,2 arasındaki değişimi GDM sayısı açısından duyarsızdır. Bu bağlamda incelenen parametre 20 km seçildiğinde GDM sayısı açısından en iyi sonuçların elde edildiği söylenebilir.



Şekil 6.26: Açılan ADM’lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin GDM sayısına etkisi.

Şekil 6.27’de açılan ADM’lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre

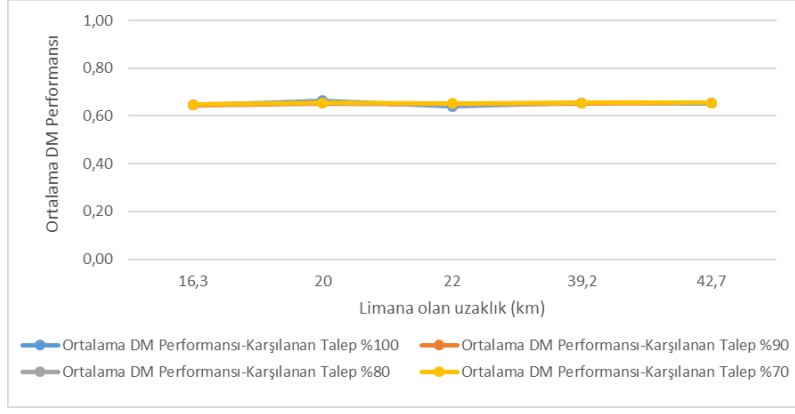
önceki sonuçlarla uyumlu olarak her mahalleden en az %90 talep karşılanması istendiğinde, ortalama ürün taşıma uzaklığının bu parametredeki değişimlere karşı duyarsız olduğu söylenebilir. Bununla birlikte her mahalleden en az %70 talep karşılanması istendiğinde sadece incelenen parametre 20'den 22 km'ye arttırıldığında; her mahalleden en az %80 talep karşılanması istendiğinde ise 16,3'ten 20 km'ye arttırıldığında yürüme uzaklığı artmaktadır. Bunun haricindeki parametre değişimlerine karşı ise ortalama yürüme uzaklığının duyarsız oldukları söylenebilir. Tüm talebin karşılanması istendiğinde ise yürüme uzaklığı sadece ilgi parametre 20 km olarak seçildiğinde yaklaşık 8 km artmaktadır. Bunun sebebi açılan hem ADM hem de GDM sayısının azalmasıdır. Bunun haricindeki değişimler içinse modelin aynı sonucu verdiği söylenebilir.



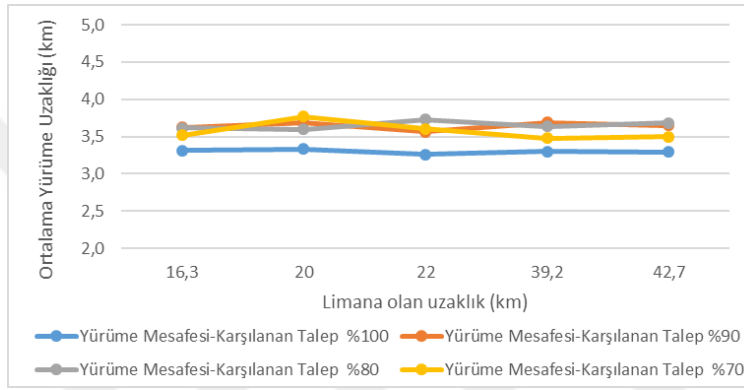
Şekil 6.27: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

Şekil 6.28'de açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre bu parametredeki değişim ortalama DM performansı için duyarlı değildir.

Şekil 6.29'da açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre bu amaçtaki en yüksek değişim incelenen parametre 20 ve 39,2 km arasında değiştiğinde ve %70 talep karşılanma durumunda yaşanmaktadır. Bununla birlikte ortalama yürüme uzaklığı açısından limana olan uzaklık parametresinin karar verici açısından dikkate alınacak bir fark yaratmadığı söylenebilir.



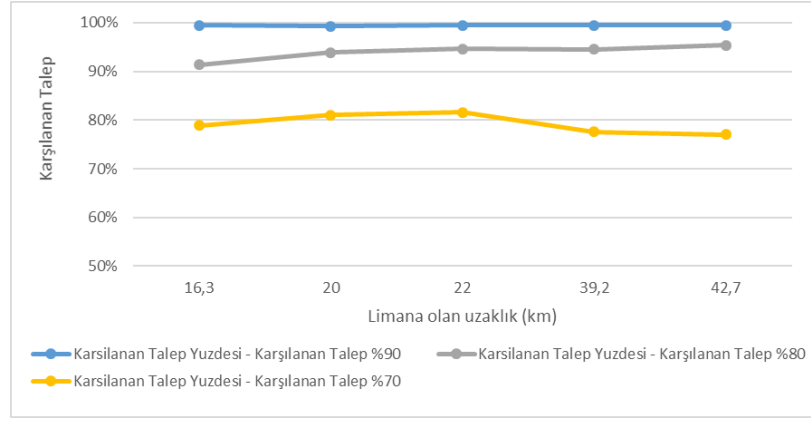
Şekil 6.28: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.



Şekil 6.29: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.

Şekil 6.30'da açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi verilmiştir. Buna göre en büyük fark, yürüme uzaklığına benzer şekilde, her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda ve ilgi parametre 39,2 km'ye arttırıldığında görülmektedir. Bu noktada model artan uzaklık nedeniyle toplam karşılanan talebi azaltmasına karşın, ortalama ürün taşıma uzaklığının aynı kaldığı görülmektedir. Bununla birlikte ilgi parametre 20 km'ye arttırıldığında da karşılanan toplam talepte hem her mahalleden en az % 70 hem de % 80 talep karşılanması istenen durumda küçük bir artış görülmektedir.

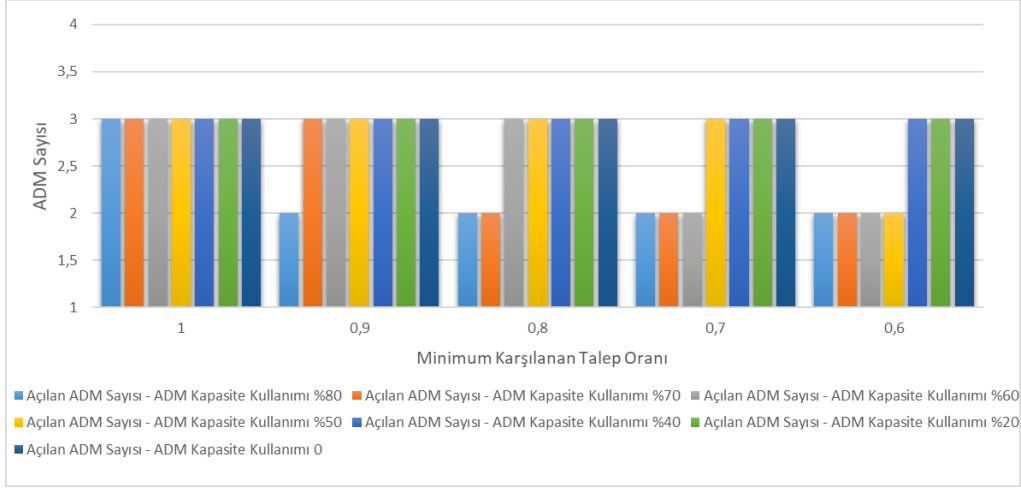
Yukarıda verilen veriler ışığında ortalama ürün taşıma uzaklığında artışa neden olsa da, diğer tüm amaçlar için daha iyi sonuçlar verdiği için; açılan ADM'lerin en az bir tanesinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin 20 km olması tercih edilmelidir.



Şekil 6.30: Açılan ADM’lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

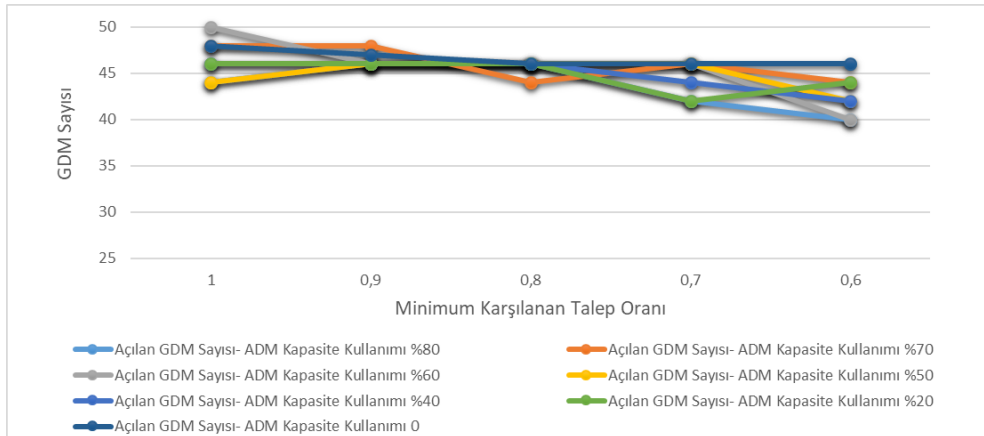
6.1.6 Duyarlılık analizi: Bir ADM’nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı

Bu bölümde bir ADM’nin açılması için kullanılması gerekli olan minimum kapasite oranı parametresindeki değişimlerin, model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Buna göre, açılmasına izin verilen ADM’nin kapasite kullanım oranının hiç olmaması ve en az %80 seçilmesi arasındaki değişimler incelenmiştir. Bu parametredeki değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar Şekil 6.31’de verilmiştir. Buna göre tüm talebin karşılanması durumunda açılan ADM sayısı, bir ADM’nin açılması için gerekli olan en az kapasite kullanım oranı parametresinden duyarsızdır. Ancak minimum talep karşılama oranının %90’dan %60’a doğru her düşüşü ile açılan ADM sayısı sırasıyla ADM kapasitesindeki değişimlerden etkilenmektedir. %90 talep karşılanma oranında sadece ADM kapasitesinin en az %80’inin kullanılması istenen durumda ADM sayısı azalırken, %80’de kapasite kısıtının %70-80 olduğunda ADM sayısı bir azalmaktadır. Benzer şekilde %60 talep karşılama oranında ve ADM’lerin %50-80 kapasite kullanım aralığında açılan ADM sayısı 1 azalmaktadır. İstanbul Anadolu yakası uygulaması için açılan ADM’lerin kullanım kapasitesi 0-%40 aralığında değiştiğinde açılan ADM sayıları değişim göstermemektedir. Buna göre Anadolu yakası uygulamasında bir ADM’nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresi %80 seçilmelidir.



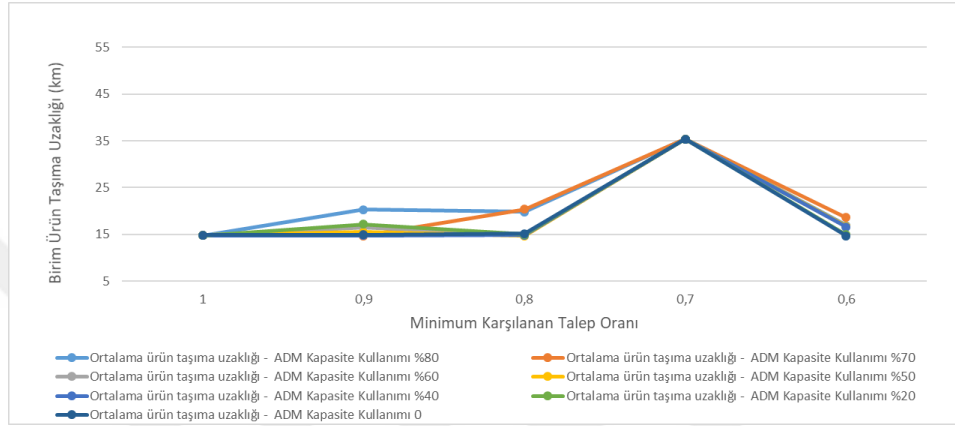
Şekil 6.31: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi.

Şekil 6.32'de bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre ilgi parametredeki değişimlere en hassas olunan durumlar %100 ve her bölgeden en az %60 talep karşılanma durumlarıdır. Tüm talep karşılanma durumunda ilgi parametredeki değişimler ADM sayısını etkilemese de GDM sayısını az da olsa değiştirmektedir. Bu durumda en az GDM ise %80 ve %50 talep karşılanma durumlarında açılmaktadır. Her mahalleden en az %60 talebin karşılanması istenen duruma ise en az GDM sayısı %80 ve 60 kapasite kullanım oranlarında elde edilmektedir. Her mahalleden en az %80 talep karşılanması istendiğinde ise incelenen parametredeki değişimlerin GDM sayısını etkilemediği söylenebilir. Bu bağlamda incelenen parametre %80 veya %50 seçildiğinde GDM sayısı açısından en iyi sonuçların elde edildiği söylenebilir.



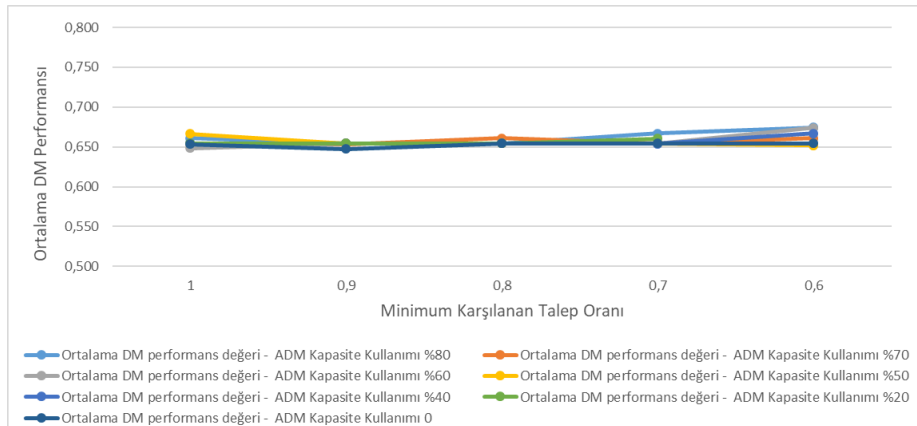
Şekil 6.32: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi.

Şekil 6.33'te açılan bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %80 talep karşılanmak istendiğinde ve ilgi parametre %70 ve 80 seçildiği durum ile her mahalleden en az %90 talep karşılanması istendiğinde ve incelenen parametre %80 seçildiğinde ortalama ürün taşıma uzaklığında yaklaşık 5 km'lik bir artış görülmektedir. Bunun dışındaki değişimler içinse ilgi parametredeki değişimler ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından duyarsızdır.



Şekil 6.33: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

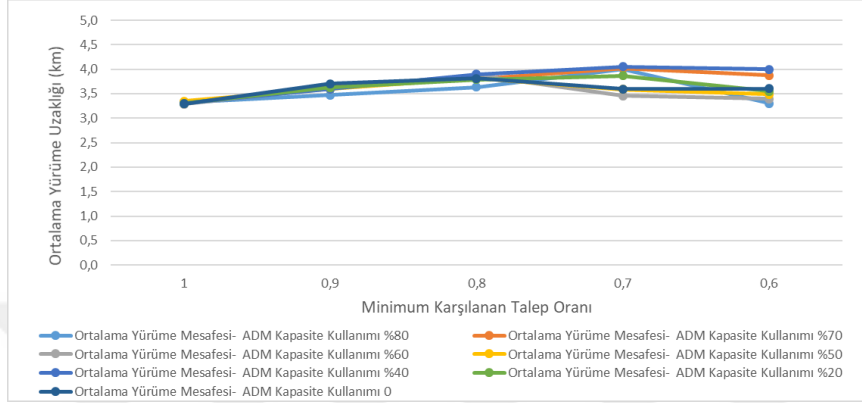
Şekil 6.34'te ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre bu parametredeki değişim ortalama DM performansı için duyarlı değildir.



Şekil 6.34: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

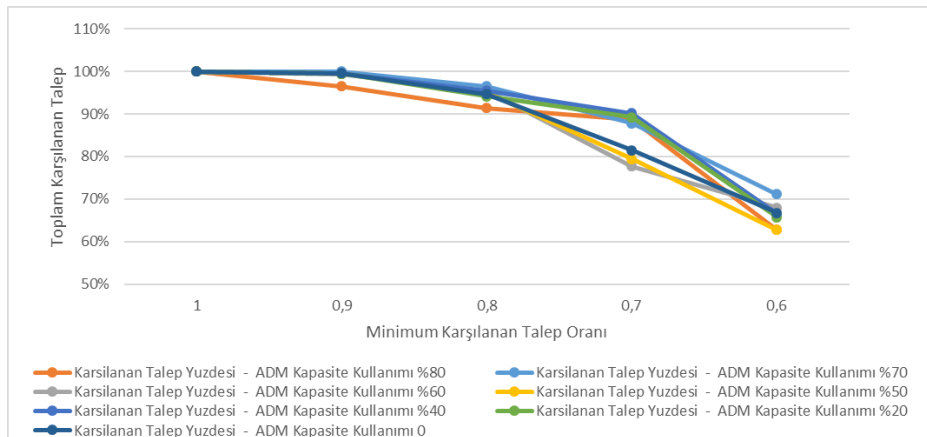
Şekil 6.35'te ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre, her mahalleden en az karşılanması istenen talep oranı %80- %100 arasında iken ilgi

parametredeki değişim, ortalama yürüme uzaklığı açısından duyarsızdır. Bununla birlikte her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda %50, 60 ve 0 kapasite kısıtı konulan durumda yürüme uzaklığı yaklaşık 0,5 km azalırken; her mahalleden en az %60 talep karşılanması istendiğinde ise %40 ve 70 ADM kapasite kısıtları diğerlerinden daha yüksek sonuç vermektedir.



Şekil 6.35: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.

Şekil 6.36'da ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %80-100 arası talep karşılanma durumunda, yürüme uzaklığında olduğu gibi, toplam karşılanan talep açısından da duyarsız olduğu söylenebilir. Her mahalleden en az %70 talep karşılanması istendiğinde ise ADM kapasitesinin %60 ve altında tutulmasının, karşılanan toplam talebi azalttığı söylenebilir. Her mahalleden en az %60 talep karşılanması istendiğinde de küçük değişiklikler olsa da, ilgi parametredeki değişim toplam karşılanan talep açısından da duyarsız olduğu söylenebilir.

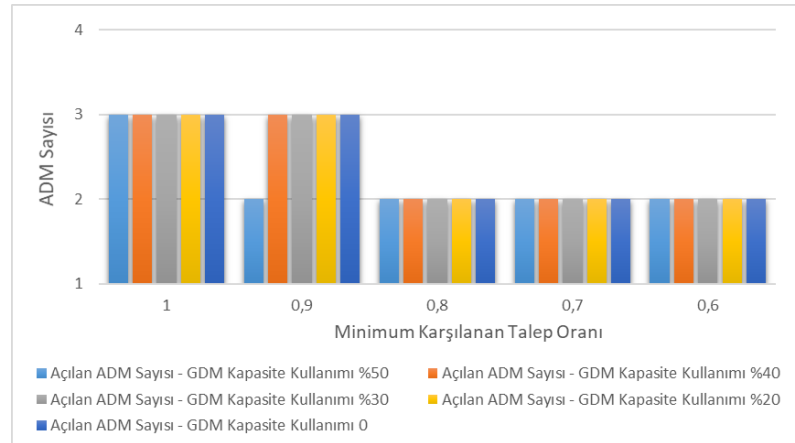


Şekil 6.36: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

Yukarıda verilen veriler birlikte ele alındığında Anadolu yakası uygulaması için incelenen parametre çok büyük değişimlere neden olmamaktadır. Bununla birlikte GDM sayıları açısından daha iyi sonuçlar verdiği için; ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin %50 seçilmesi tercih edilebilir.

6.1.7 Duyarlılık analizi: Bir GDM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı

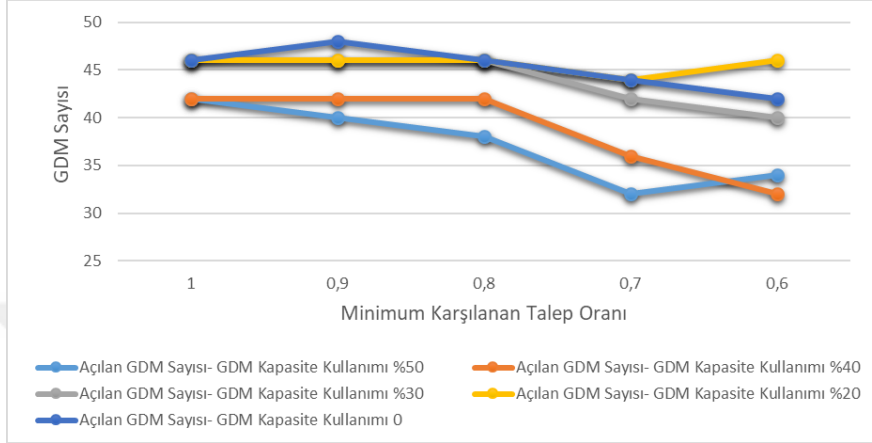
Bu bölümde bir GDM'nin açılması için kullanılması gerekli olan minimum kapasite kullanım oranı parametresindeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Buna göre açılmasına izin verilen GDM'nin kapasite kullanım oranının hiç olmaması ve en az %50 seçilmesi arasındaki değişimler incelenmiştir. İlgili parametre %60 seçildiğinde ise model, Anadolu yakası uygulaması için olurlu bir sonuca ulaşamamaktadır. Bu parametredeki değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar Şekil 6.37'de verilmiştir. Buna göre, sadece her mahalleden en az %90 talep karşılanması durumunda ve LDC kapasite kullanım kısıtı %50 seçildiğinde açılan ADM sayısı 1 adet azalmaktadır. Bunun dışında ise açılan ADM sayısı, bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresindeki değişimlere karşı duyarsızdır.



Şekil 6.37: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi.

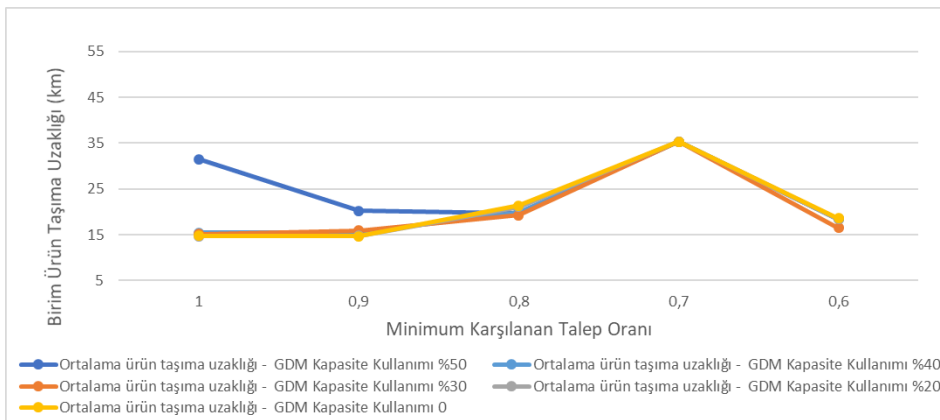
Şekil 6.38'de bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre ilgili parametrenin 0-%40 arasında seçimi yaklaşık aynı GDM sayılarını vermekteyken; %40 ve 50 kapasite kısıt parametresi seçilmesi GDM sayısında yaklaşık 5 adet düşüş yaratmaktadır. %50 GDM kısıt parametresi aynı zamanda her mahalleden en az karşılanması istenen talep oranı

%70-90 aralığında iken, %40 GDM kısıtına göre daha az GDM açılmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda incelenen parametre % 50 seçildiğinde GDM sayısı açısından en iyi sonuçların elde edildiği söylenebilir. Bununla birlikte tüm talebin ve her bölgeden en az %60 talep karşılanması istenen durumda bir GDM'nin açılması için gerekli kapasite kullanım kısıtı % 40 olarak da seçilebilir.



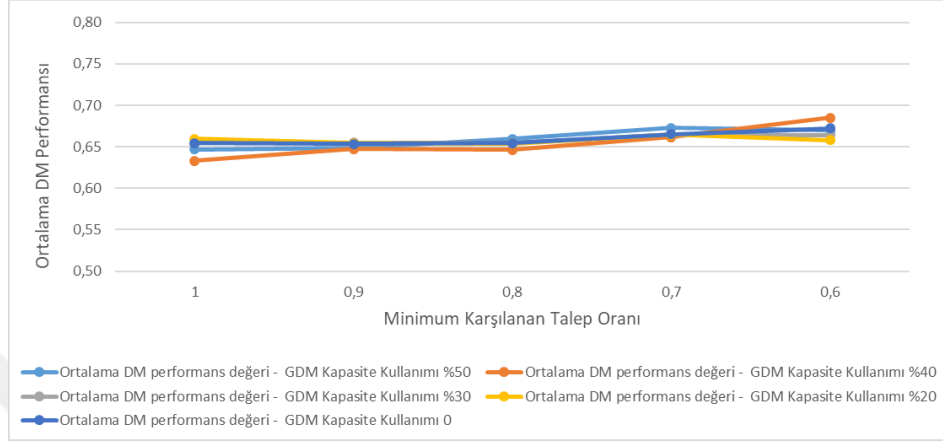
Şekil 6.38: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi.

Şekil 6.39'da bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre %50 GDM kapasite kullanım oranı seçimi, her mahalleden en az %90 ve özellikle 100 talep karşılanması istendiğinde ortalama ürün taşıma uzaklığını arttırmaktadır. Bunun dışında ise incelenen parametre ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından duyarsızdır. Bu nedenle her mahalleden en az %90 ve 100 talep karşılanması istendiğinde bir GDM'nin açılması için gerekli kapasite kullanım oranı %40 seçilmelidir.



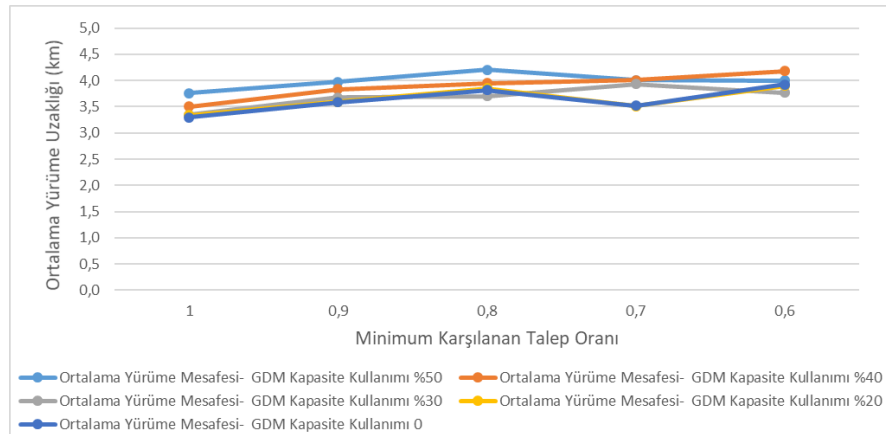
Şekil 6.39: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

Şekil 6.40'ta GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre yalnızca her mahalleden en az %60 ve %100 talep karşılanması istenen durumlarda ilgi parametre çok küçük bir farklılık göstermektedir. Bunun dışında ilgi parametredeki değişim, ortalama DM performansı açısından duyarlı değildir.



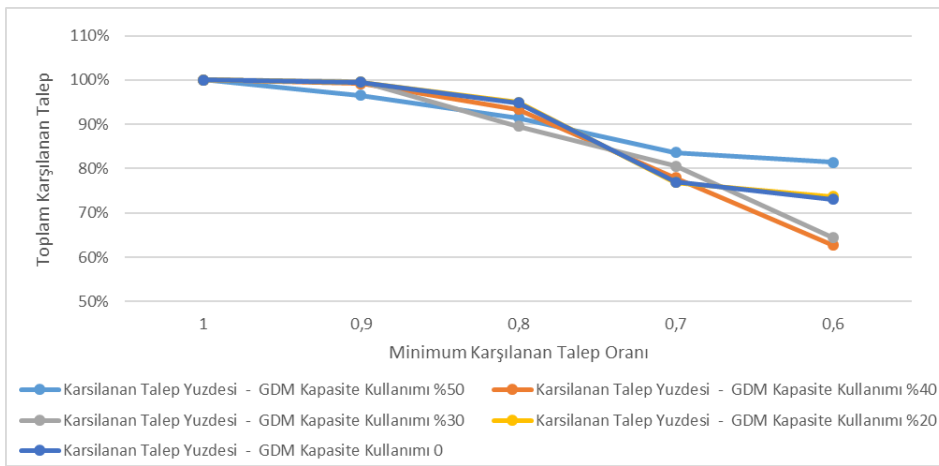
Şekil 6.40: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.41'de GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az karşılanması istenen talep oranı %80- %100 arasında iken en yüksek ortalama yürüme uzaklıkları, sırasıyla ilgi parametre %50 ve %40 seçildiğinde oluşmaktadır. Bununla birlikte, her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda sadece GDM kapasite kısıtı olmadığında diğerlerinden daha düşük yürüme uzaklığı oluşmaktadır. Bunun dışındaki parametreler için ise farklılık oluşmamaktadır.



Şekil 6.41: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.

Şekil 6.42’de GDM’nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %80-100 arası talep karşılanma durumunda, yürüme uzaklığında olduğu gibi, toplam karşılanan talep açısından da duyarsız olduğu söylenebilir. Her mahalleden en az %70 talep karşılanması istendiğinde ise sadece GDM kapasitesinin %50 seçilmesinin ve altında tutulmasının, karşılanan toplam talebi diğer parametrelere göre arttırdığı görülmektedir. Her mahalleden en az % 60 talep karşılanması istendiğinde de küçük değişiklikler olsa da, ilgi parametre %40 ve 30 olarak seçildiğinde karşılanan talep en düşük değerini almaktadır.



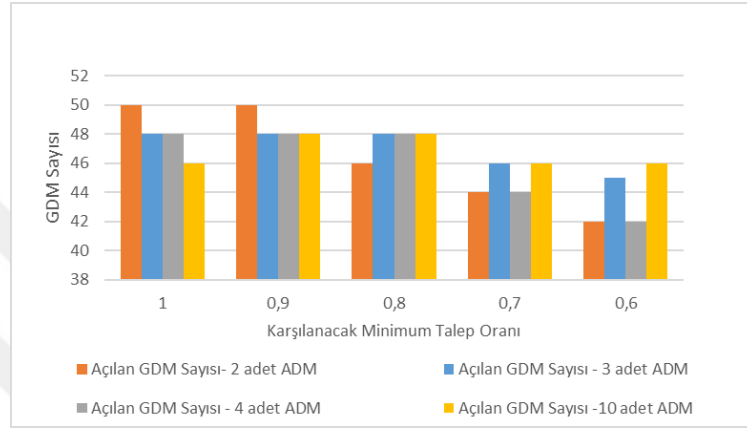
Şekil 6.42: Bir GDM’nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

Yukarıda verilen veriler birlikte ele alındığında tüm talebin karşılanması istendiğinde, bir GDM’nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresi %40; diğer talep karşılama oranları için ise %50 seçilebilir.

6.1.8 Duyarlılık analizi: ADM sayısındaki değişim

Bu bölümde karar vericinin en fazla açılacak DM sayısını belirtmesi durumu ile ilgili analizler yapılmıştır. Bu amaçla en fazla açılacak ADM sayısı modele kısıt olarak eklendiğinde, her talep noktasından en az karşılanacak talep oranına göre açılan GDM sayıları Şekil 6.43’te verilmiştir. Buna göre, en fazla 2 adet ADM açılması istendiğinde, GDM sayısı açısından kritik eşik her mahalleden en az %80 talebin karşılanmasıdır ve bu sonuç, Bölüm 6.1.1’de elde edilen sonuçla örtüşmektedir. Her mahalleden en az karşılanması istenen talep %60-80 arasında değiştiğinde ve en fazla 2 adet ADM açılmasına izin verildiğinde kademeli olarak artan GDM sayısı, bu belirlenen talep oranı %90 ve %100 olduğunda 50’ye çıkmakta ve değişmemektedir.

En fazla 3 ve 4 adet ADM açılması kabul edilebilir olduğunda ise açılan GDM sayısı, her mahalleden karşılanacak minimum talep oranının %60 - 80 arasındaki değişimine karşı duyarlıdır. %80 ve üstü talep karşılanma durumunda ise GDM sayısı değişmemektedir. En fazla 10 adet ADM açılması istendiği durumda ise açılan GDM sayısı, model minimum talep karşılanma oranının %80 ve 90 arasındaki değişimlerine karşı duyarsızdır. Bunun haricindeki değişikliklerde 10 adet ADM açılmasına izin verildiğinde GDM sayısı değişmektedir.

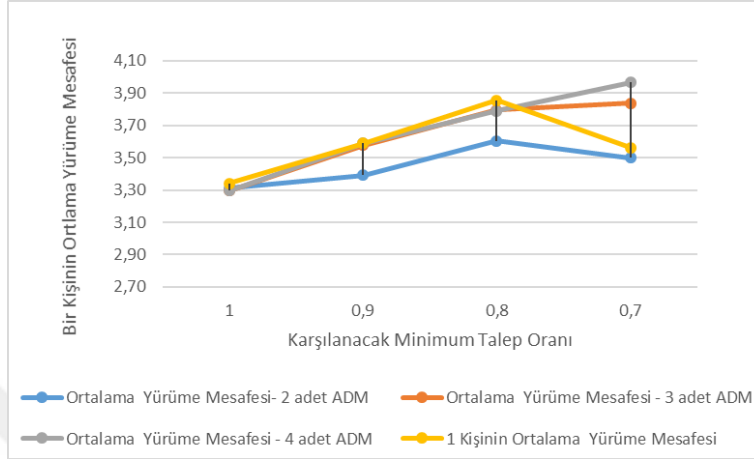


Şekil 6.43: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.

Her mahalleden en az %80 - 100 talep karşılanma durumlarında 4 veya 3 ADM açılması, GDM sayısı açısından duyarsızdır. 2 adet ADM açılması ise diğer gruplardan tüm talep karşılanma oranlarında farklılık yaratmaktadır. Her mahalleden en az %90 ve %100 talep karşılanması durumunda 2 adet ADM açılması, GDM sayısını arttırırken, %80 ve altı talep karşılanma durumunda ise açılan GDM sayısı en azdır. Buna göre en fazla 2 adet ADM açılması tercih edildiğinde %80 ve altı talep karşılanma durumları; 3 adet ADM açılması kabul edildiğinde ise tüm talebin karşılanması tercih edilebilir.

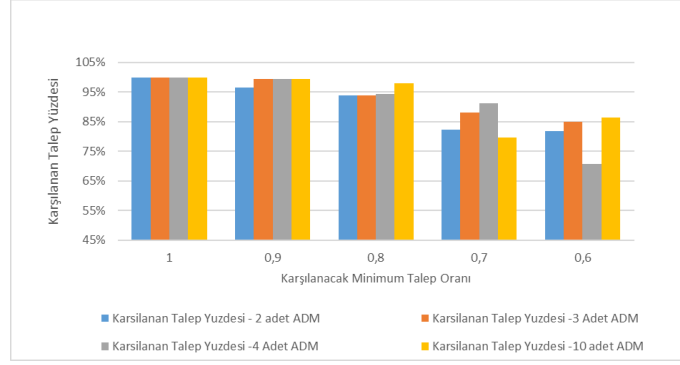
Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi grafiği Şekil 6.31’de verilmiştir. Buna göre tüm talebin karşılanması haricinde, en az yürüme mesafesi 2 adet ADM açıldığında elde edilmektedir. Bu nedenle yürüme mesafesi açısından 2 adet ADM açıldığı durumlar tercih edilebilir. En fazla 3, 4 veya 10 adet ADM açılmasına izin verildiğinde ise her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumu dışında, bu ADM sayısındaki değişim ortalama yürüme mesafesi açısından farklılık yaratmamaktadır. Ayrıca ortalama yürüme mesafesinin, her mahalleden karşılanacak en az talep oranının

%80-90 arasında artması ile doğrusal olarak azaldığı söylenebilir. Tüm talebin karşılanması istendiğinde ise yürüme mesafesi 0,5 km azalmaktadır. Tüm talebin karşılandığı durumda ise, yürüme mesafesi açısından açılan ADM sayısı duyarlı değildir.



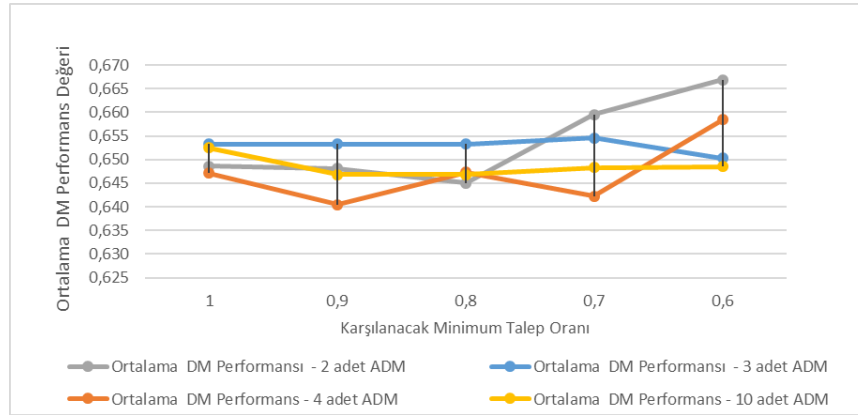
Şekil 6.44: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi.

Şekil 6.45'e göre karşılanan toplam talep oranı en fazla 2, 3 ve 4 ADM açılması durumları için her talep noktasında en az %80 ve üstü talep karşılandığında yaklaşık olarak aynı sonuçları vermektedir. Sadece, en fazla 2 adet ADM açılması ve her mahalleden en az % 90 talep karşılanma durumunda; daha fazla ADM açılması senaryolarından biraz daha az talep karşılanabilmektedir. Her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda ise beklenildiği üzere açılan ADM sayısı karşılanan toplam talebi de arttırmaktadır. %60 talep karşılanma durumunda toplam karşılanan talep yüzdesi, sırasıyla 2 ve 3 ADM açıldığında artarken; 4 ADM açılması durumunda ise karşılanan toplam talep oranı düşmektedir. Bunun nedeni ise modelin toplam ağırlıklı uzaklıktaki artıştan kaçınmasıdır. Bununla birlikte toplam karşılanan talep açısından, açılan ADM sayısının her mahalleden en az %80 talep karşılanma durumlarında farklılık göstermediği söylenebilir. Bununla birlikte en az %60 ve %70 talep karşılanma durumları için de en avantajlı seçim 2 ADM açılmasıdır. Bu nedenle karşılanan toplam talep açısından İstanbul Anadolu yakası uygulaması için 2 adet ADM açılması tercih edilebilir.



Şekil 6.45: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep oranı.

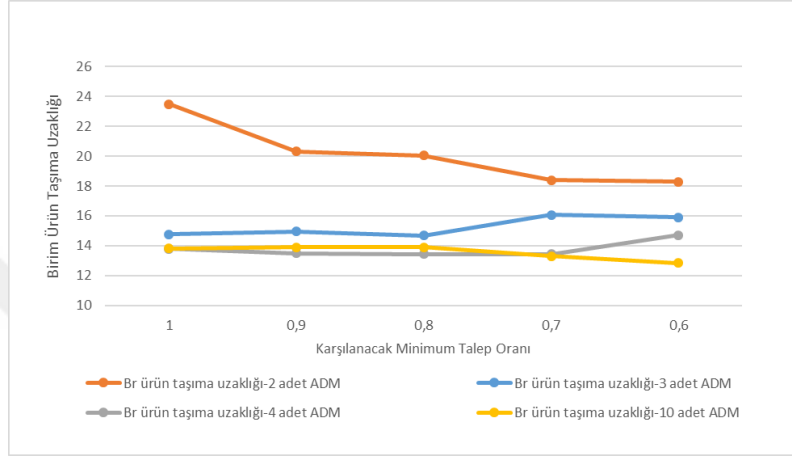
Şekil 6.46'ya göre ortalama DM performans değerinin en yüksek olduğu nokta 2 adet ADM açılması durumudur. Bununla birlikte ADM sayısındaki değişim DM performans değerini en fazla % 3 oranında değiştirebilmektedir ve bu değişiklik her mahalleden karşılanacak en az talep oranı 0,6 – 0,7 aralığında iken oluşmaktadır, bunun dışındaki değişimler içinse duyarsız olduğu söylenebilir. Genel olarak en düşük ortalama DM performansı 4 adet ADM seçildiğinde elde edilmektedir. Her mahalleden %80 ve üstü talep karşılanma durumunda en yüksek DM performans değeri 3 adet ADM açıldığında elde edilirken, tüm talebin kapsanması durumunda ise tüm ADM açılma senaryolarında ortalama DM performans değerinin yaklaşık aynı değerler aldığı söylenebilir. Her mahalleden en az %80 talep karşılanma durumunda ise 3 adet ADM açılması dışındaki senaryolar farklılık göstermemektedir.



Şekil 6.46: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri.

Buna göre her mahalleden %60 ve %70 talep karşılanma durumunda 2 adet ADM açılması, %80 ve 90 talep karşılanma durumlarında ise 3 adet ADM açılması tercih edilebilir. Bununla birlikte tüm talebin karşılanması durumunda açılan ADM sayılarındaki değişim ortalama DM performansı açısından farklılık yaratmamaktadır.

Şekil 6.47’te açılan ADM sayılarına göre bir adet ürünün ADM ve talep noktası arası taşıma uzaklığı verilmiştir. Buna göre en yüksek taşıma uzaklığı 2 adet ADM açılması durumunda oluşmaktadır; her mahalleden %70 ve üstü talep karşılanma durumunda ise bu fark yüksek oranda açılmaktadır. Bunun haricindeki açılan ATM’lerde ise ürün taşıma uzaklığı açısından yüksek bir fark oluşturmadığı söylenebilir. Bu nedenle ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından 3 adet ADM açılması tercih edilebilir.

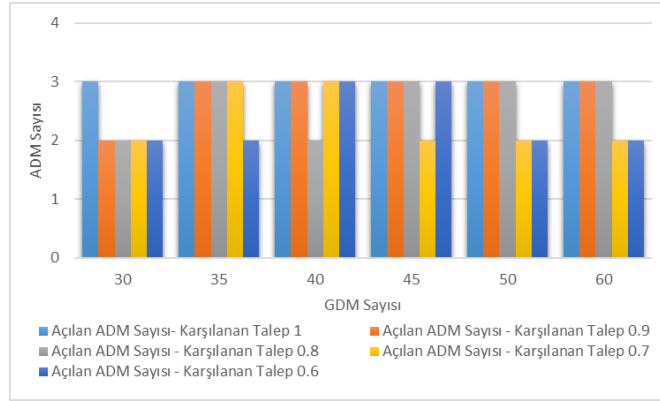


Şekil 6.47: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama ortalama ürün taşıma uzaklığı.

6.1.9 Duyarlılık analizi: GDM sayısındaki değişim

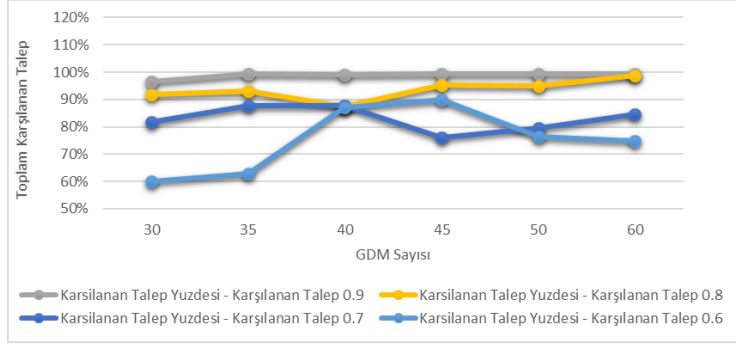
Bu bölümde karar vericinin en fazla açılacak GDM sayısını belirtmesi durumu ile ilgili analizler yapılmıştır. Bu amaçla GDM sayısı amaçtan çıkarılarak modele kısıt olarak en fazla açılacak GDM sayısı eklenmiştir. Minimum karşılanacak talep oranına ve açılmasına izin verilen GDM sayılarına göre elde edilen ADM sayıları Şekil 6.48’te verilmiştir. Buna göre, tüm talebin karşılandığı durumda açılan ADM sayısı, GDM sayısındaki değişimlere karşı duyarsızdır. Her mahalleden en az %90 talep karşılanması durumunda ise açılan GDM sayısının 35’ten 30’a düşürülmesi ADM sayısını 1 adet azaltmaktadır. 30 ve üstü GDM açılması durumunda ise açılan ADM sayısı 3’tür ve değişim göstermemektedir. Her mahalleden en az %80 talebin karşılanması istendiğinde ise ADM sayısı, 30 ila 45 arasındaki GDM değişimlerine karşı duyarlıdır. GDM sayısı 45’in üstüne çıktığında açılan ADM sayısı değişmemektedir. Her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda ise GDM sayısının 35 - 45 arasındaki değişimi ile açılan ADM sayısı değişmektedir. Her mahalleden en az %60 talep karşılandığında ise bu sayı 5 artarak 40 – 50 arasındaki

değişimlerde ADM sayısında değişiklik görülmektedir. Bunun dışındaki ise GDM sayısı değişimlerinde ise açılan ADM sayısı etkilememektedir.



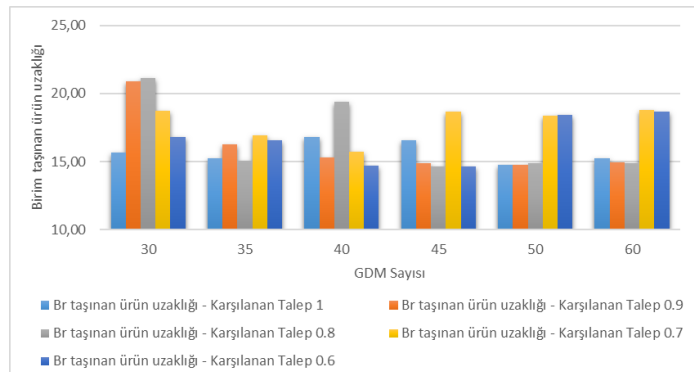
Şekil 6.48: Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.

Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her mahalleden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep değişimi Şekil 6.49’te verilmiştir. Her talep noktasında talebin en az %80’inin karşılanması istendiğinde ise toplam talebin yaklaşık %90’ı karşılanmaktadır ve açılan GDM sayısı 40 ila 60 arasındaki değişiminde de bu oran %100’e yaklaşmaktadır. Toplam karşılanan talep açısından, GDM sayısındaki değişimden en fazla etkilenen parametre, her mahalleden karşılanacak en düşük talep oranının %60 olmasıdır. Açılan GDM sayısının 25-45 arasındaki artışı, karşılanan toplam talebi yaklaşık %30 arttırmaktadır. GDM sayısının 45 - 60 arasındaki değişimi ise karşılanan toplam talebi azaltmaktadır. Bunun nedeni, açılan GDM sayısı arttıkça toplam ağırlıklı uzaklık artması ve sadece %60 talebin karşılanmasının zorunlu olan modelin, taşınan ürün sayısını azaltarak bu ağırlıklı uzaklığı azaltmasıdır. Bununla birlikte toplam talebin en çok düştüğü 60 GDM açılması durumunda dahi %70’ten fazla talep karşılanmış durumdadır. Model %70 talep karşılanma durumunda da benzer bir davranış sergileyerek, 30 - 40 arası GDM açılırken toplam karşılanan talep de açılan GDM sayısı ile birlikte artmakta; bu sayı 40 üstüne çıktığından 40 GDM ‘ye kıyasla karşılanan toplam talep daha düşük olmaktadır. Her mahalleden en az %90 talep karşılanması istendiğinde ise karşılanan toplam talebin açılan GDM sayısından etkilenmediği söylenebilir. Bununla birlikte 40 GDM açılması durumu haricinde %80 ve %90 talep durumlarının birlikte hareket ettiği söylenebilir.



Şekil 6.49: Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep.

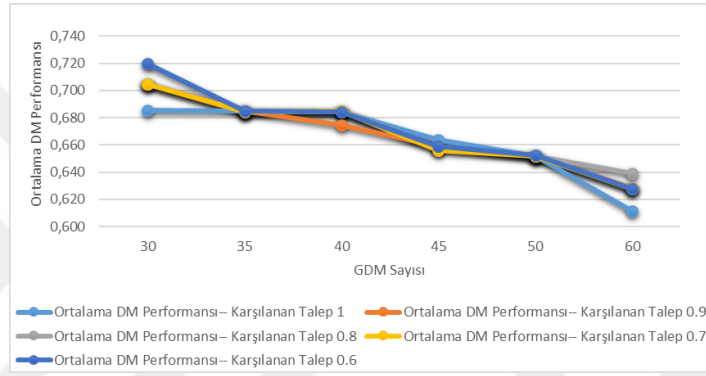
Şekil 6.50’de bir ürünün talep noktasına ulaştırılınca kadar olan ortalama uzaklık verileri verilmiştir. Buna göre GDM sayısından etkilenmeyen ortalama taşıma uzaklığı tüm talebin kapsandığı durumdur. 40 - 50 GDM açılması durumunda hafif bir artış gösterse de genel olarak GDM sayısındaki değişimlerden etkilenmediği söylenebilir. Genel olarak model, her mahalleden en az % 80 ve % 90 talep karşılanma durumlarında GDM sayısındaki değişimlere benzer yanıtlar vermektedir. Açılabilir en fazla GDM sayısı 30 seçildiğinde ise yaklaşık 22 km ortalama taşıma uzaklığı oluşurken, bu sayı 35 ve üstü olduğunda hızlıca yaklaşık olarak 15 km’ye düşmektedir. En fazla 40 GDM açılması durumunda, her mahalleden en az %80 talep karşılanma durumunda ortalama ürün taşıma uzaklığı 19 km’ye yükselmektedir. Bunun dışında her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda 45 ve üstü GDM açılması; %60 talep karşılanma durumunda da 50 ve üstü GDM açılması yaklaşık 4 km artışa neden olmaktadır. Bu durum, modelin karşılanan toplam talep açısından, her mahalleden en az % 60 talep karşılanma durumunda verdiği sonuç ile de uyumludur.



Şekil 6.50: Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama ürün taşıma uzaklığı.

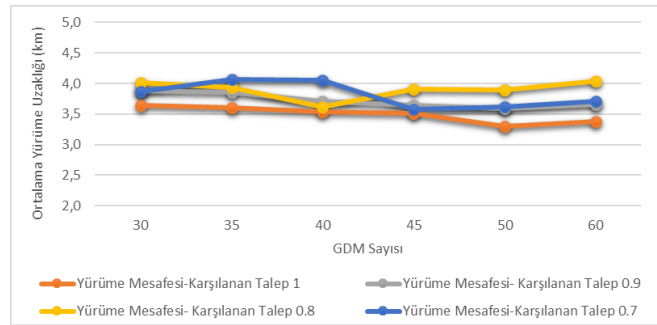
Şekil 6.51’de açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her mahalleden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama DM performans değerleri verilmiştir. GDM

sayısındaki artışla düşük performanslı DM'ler de seçildiğinden ortalama DM performans değeri de grafikte görüldüğü gibi azalmaktadır. Bununla birlikte açılacak GDM sayısının 30-35 ile 50-60 arası seçilmesi haricinde, ortalama DM performansındaki değişim, her bölgeden en az karşılanacak talep karşılanma oranından bağımsızdır ve sadece DM sayısı ile ilişkilidir. Ortalama DM performans değerinin ise GDM sayısının 35 - 40 arası değişimine karşı duyarsız olduğu görülmektedir. Bununla birlikte GDM sayısının 50 - 60 arası açıldığında ortalama performans değerindeki en yüksek ivmeli düşüş tüm talep karşılandığı durumda oluşmaktadır. Bunun nedeni, talebin karşılanması için modelin kısıtlanması, dolayısıyla da daha önce tercih edilmeyen DM'lerin kullanılmasıdır.



Şekil 6.51: Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama DM performans değeri.

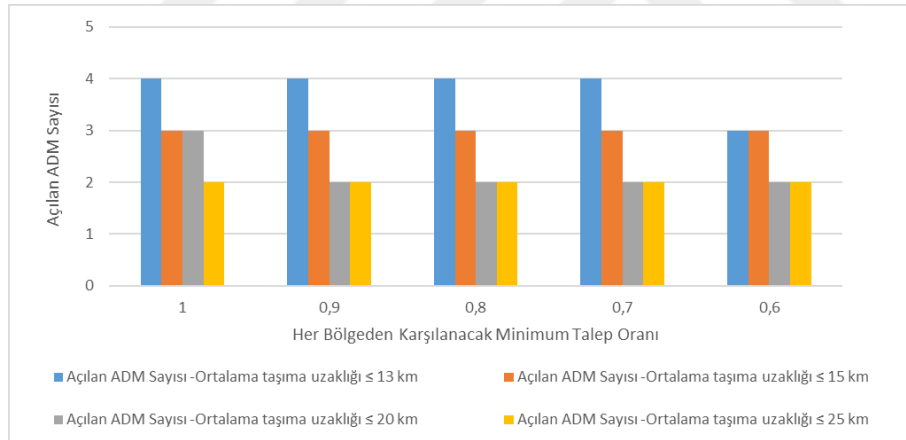
Şekil 6.52’de açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama yürüme uzaklığı verilmiştir. Buna göre ortalama yürüme uzaklığı en fazla ve 35 – 45 arasında açılan GDM değişimlerine duyarlıdır. Bunun haricinde ise genel olarak açılan GDM sayılarını ortalama yürüme uzaklığını değiştirmedeği söylenebilir.



Şekil 6.52: Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep.

6.1.10 Duyarlılık analizi: Ortalama ürün taşıma uzaklığındaki değişim

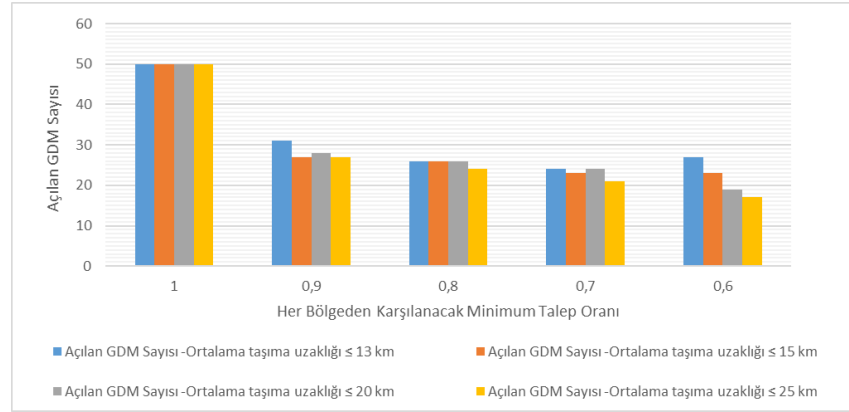
Bu bölümde karar vericinin bir ürünün ADM'den talep noktasına ulaştırılması için izin verilen en yüksek uzaklığın belirtilmesi durumu ile ilgili analizler yapılmıştır. Bu nedenle, ağırlıklı uzaklığın minimize edilmesi amaçlardan çıkarılarak belirlenen üst limit ile birlikte kısıtlara eklenmiştir. İstanbul Anadolu yakası uygulaması için ortalama ürün taşıma uzaklığı 12 km ve daha düşük bir değer olması istendiğinde, model her mahalleden en fazla %70 talebi karşılayabilmektedir. Bu nedenle bu analizde ortalama ürün taşıma uzaklığının 13 ile 25 km arasındaki değişimi incelenmiştir. Bu değişimin ADM sayısında yarattığı değişim Şekil 6.53'te verilmiştir. Buna göre, beklendiği üzere en fazla ADM, ortalama ürün taşıma uzaklığının en düşük olması istenen durumda (≤ 13 km) açılmaktadır. İlgili uzaklık 15 km olarak alındığında ise açılan ADM sayısı 3 olmakta ve değişmemektedir. Tüm talebin karşılanma durumunda, ortalama ürün taşıma uzaklığının 15 ve 20 km olması aynı sonucu verirken; her bölgeden en az karşılanması istenen talep oranı 0,6 – 0,9 arasında değiştiğinde ise 20 ve 25 km aynı sonucu vermektedir.



Şekil 6.53: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.

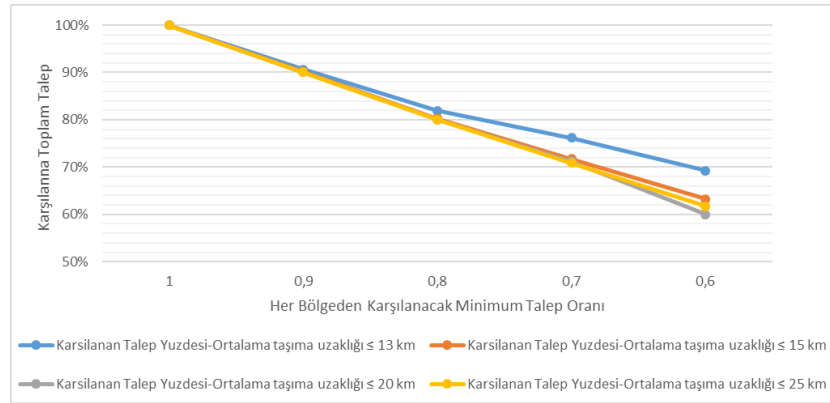
Şekil 6.54'ta ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı verilmiştir. Buna göre tüm talep karşılandığı durumda seçilen taşıma uzaklığı parametresi, açılan GDM sayısı açısından farklılık yaratmamaktadır. Bunun dışındaki senaryolarda ise beklendiği üzere açılan GDM sayısı, izin verilen taşıma uzaklığı arttırıldığında ve incelenen en yüksek uzaklık olan 25 km'de en düşük değerini almaktadır. Benzer şekilde, incelenen en düşük uzaklık olan 13 km'de de en yüksek GDM sayısı elde edilmiştir. Bununla birlikte, bu değişikliğin çok büyük olduğu ve arada önemli bir fark olduğu gözlenmemektedir.

Genel olarak ise her mahalleden en az %90 talep karşılanma ve 15 km ortalama ürün taşıma uzaklığının GDM sayısı açısından en iyi sonucu verdiği söylenebilir.



Şekil 6.54: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.

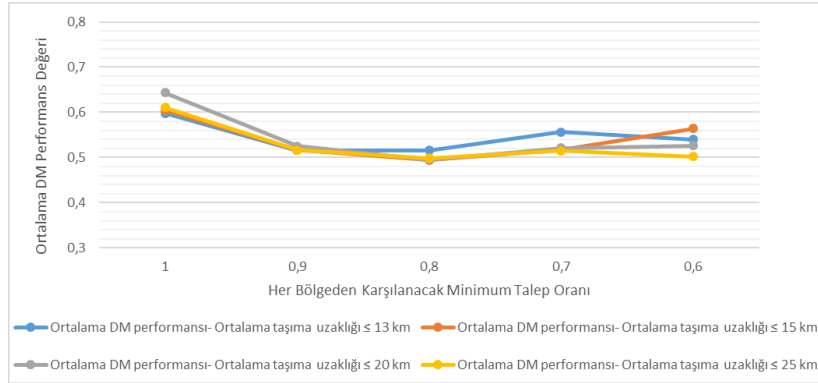
Şekil 6.55’de ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %60 ve 70 talep karşılama senaryolarında 13 km ürün taşıma uzaklığı seçilmesi haricinde, ortalama taşıma uzaklığındaki değişiklikler, karşılanan toplam talebi etkilememektedir. Bahsi geçen istisnai durumlarda ise ortalama ürün taşıma uzaklığı 13 km iken çok daha fazla GDM açılmakta ve daha fazla talep karşılanmaktadır.



Şekil 6.55: Ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep.

Şekil 6.56’de ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri değişimi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %70 ve 80 talep karşılanma durumlarında ve ortalama ürün taşıma uzaklığı 13 km seçildiğinde; tüm talep karşılandığı senaryoda ise 20 km seçildiğinde daha yüksek ortalama DM performans değeri elde edilmektedir.

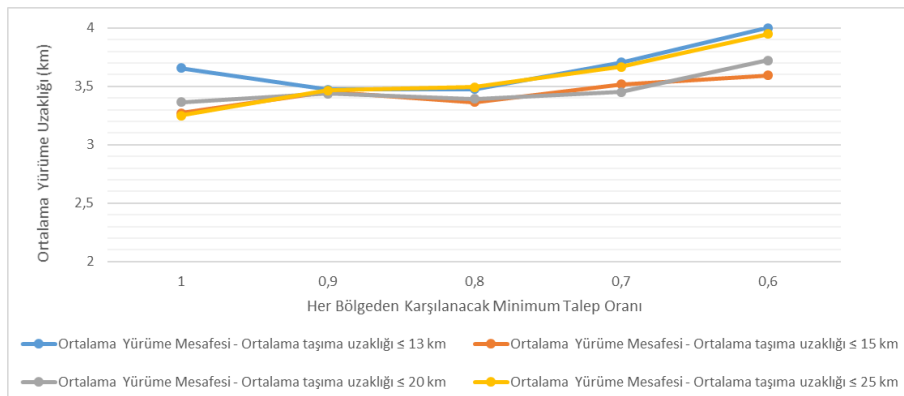
İncelenen değişikliklere karşı en yüksek duyarlılığa ise her mahalleden en az %60 talep karşılanma durumunda rastlanmaktadır.



Şekil 6.56: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri değişimi.

Şekil 6.57’de ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi değişimi verilmiştir. Buna göre yürüme mesafesi tüm talebin karşılandığı senaryoda sadece ortalama 13 km seçildiğinde farklılık göstermekte ve yaklaşık 0,3 km artış göstermektedir. Bununla birlikte, ortalama ürün taşıma mesafesi 15 ve 20 km seçilmesi, yürüme mesafesi açısından aynı sonuçları vermektedir. Benzer şekilde her mahalleden en az %80 ve 60 talep karşılanması durumunda 13 ve 25 km aynı sonuçları vermekte ve diğer gruba göre daha uzun yürüme mesafeleri elde edilmektedir.

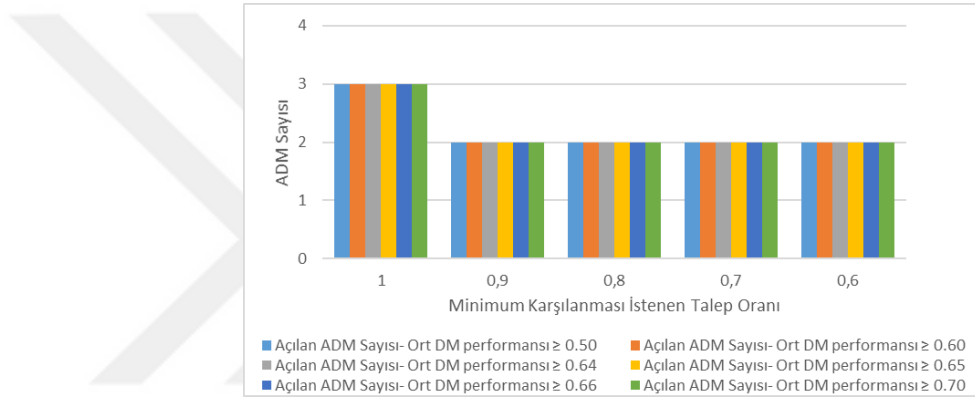
Bu bölümde verilen sonuçlar incelendiğinde 15 km ortalama ürün mesafesi model için daha iyi sonuçlar vermektedir.



Şekil 6.57: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi değişimi.

6.1.11 Duyarlılık analizi: Ortalama DM performans değeri

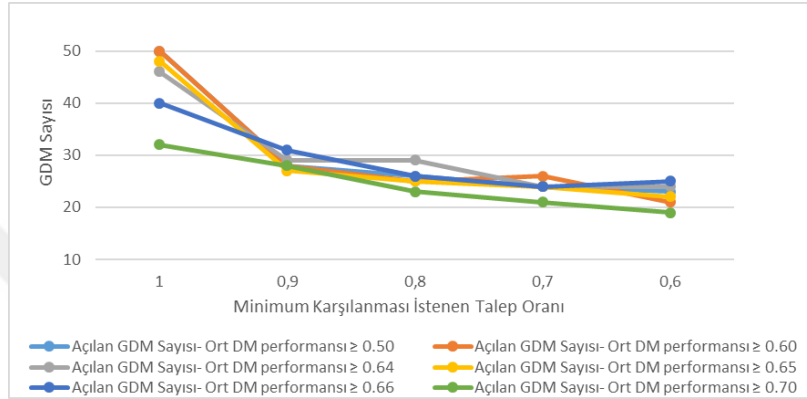
Bu bölümde karar vericinin açılan DM'lerin ortalama performansının belirli bir değerin üzerinde olmasını istediği durum ele alınmıştır. Bu amaçla açılan DM'lerin ağırlığının maksimize edilmesi amacı çıkarılarak, belirlenen bir değerden yüksek olması şeklinde kısıt olarak modele eklenmiştir. Ortalama DM performans değeri 0,75 iken Anadolu yakası uygulamasında tüm talep karşılanamamaktadır. Bu nedenle istenen en az ortalama DM performansının 0,5 – 0,7 arasındaki değişimi incelenmiş ve buna göre oluşan ADM sayısındaki değişim Şekil 6.58'de verilmiştir. Buna göre açılan ADM sayısı istenen küçük ortalama DM performansındaki değişimlere karşı duyarsızdır.



Şekil 6.58: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.

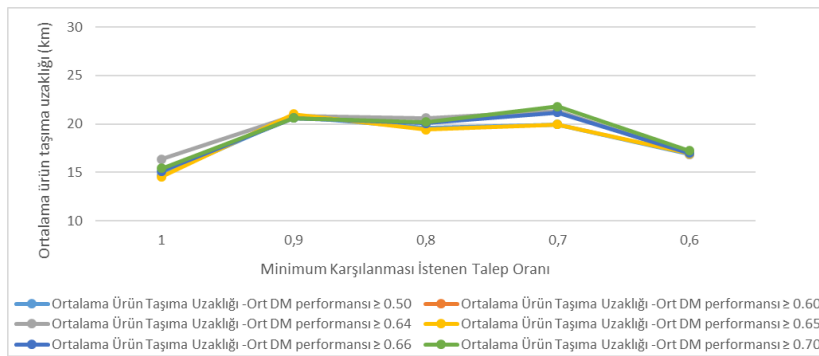
Şekil 6.59'da ortalama DM performans değeri ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı verilmiştir. Buna göre en az 0,7 ve 0,66 ortalama DM performansları istendiğinde, GDM sayısı üzerinde benzer değişiklikler oluşmaktadır. Ayrıca tüm talebin karşılanması durumunda GDM sayısı, ortalama DM performansının 0,5 ve 0,6 arasındaki değişimine karşı duyarlı değildir. 0,6, 0,64 ve 0,65'inse yaklaşık benzer sonuç verdiği görülmektedir. Bununla birlikte GDM sayısı tüm talebin karşılandığı durumda ortalama DM performansının 0,66 ve ardından 0,7 seçilmesine karşı duyarlıdır ve aralıkta GDM sayısı azalmaktadır. Bunun nedeni ise modelin yeni eklenen ortalama DM performans değerini karşılayabilmek için kötü performans değeri olan DM'leri açmamasıdır. Her mahalleden en az %90 talep karşılanma durumunda ortalama DM performans değerinin en az 0,66 seçimi ile hafif bir artış olsa da, bu senaryoda açılan GDM sayılarının ortalama DM performans kısıtından etkilenmediği söylenebilir. Ortalama DM performans değeri 0,64

seçildiğinde de, her mahalleden en az %80 talep karşılanmasına benzer durum yaşanmaktadır. Her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda, ortalama DM performansı en az 0,7 olması istendiğinde durum biraz düşük olsa da talep karşılanma oranlarının bu noktada farklılık yaratmadığı söylenebilir. Buna göre; her mahalleden en az %70 talep karşılanmak istendiğinde GDM sayısı açısından en düşük değerler elde edilmektedir. Tüm talep kapsanması durumunda 0,66 ve 0,7 ortalama DM performans değeri de diğerlerinden ayrılmaktadır.

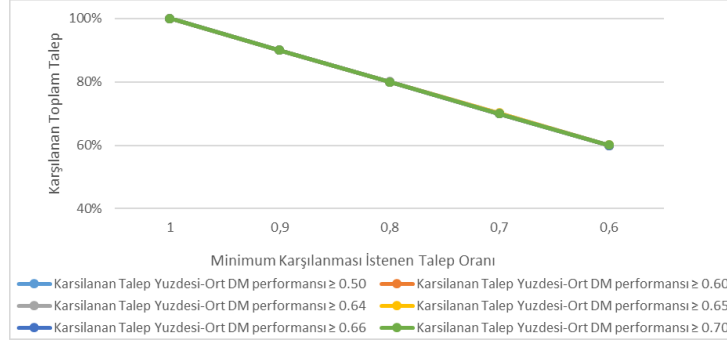


Şekil 6.59: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.

Şekil 6.60 ve 6.61’de sırasıyla her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama ürün taşıma uzaklığı ve toplam karşılanan talep verilmiştir. Her iki durumda da ortalama DM performans değerinin değişiminin sonuçları etkilemediği görülmektedir.

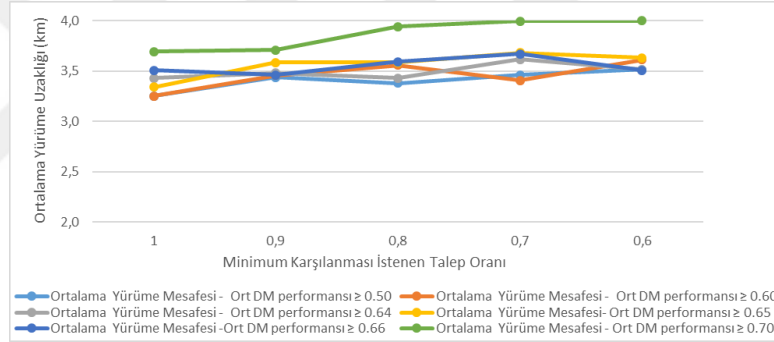


Şekil 6.60: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama ürün taşıma uzaklığı.



Şekil 6.61: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama toplam karşılanan talep.

Şekil 6.62’de her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme uzaklığı verilmiştir. Buna göre yürüme uzaklığı açısından küçük değişimler olsa da diğerlerinden ayrıışarak sonucu değiştiren tek ortalama DM performansı 0,7’dir. Bu sonuç, açılan GDM sayılarının bu değerde en az sayıda olması sonucu ile de örtüşmektedir.



Şekil 6.62: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme uzaklığı.

6.1.12 Anadolu yakası duyarlılık analizi sonuçları

Bu bölümde önerilen modelin İstanbul Anadolu yakası uygulaması için yapılan analiz sonuçları derlenerek aşağıda verilmiştir.

- Tüm talebin karşılanmasını istendiği durumda İstanbul Anadolu yakası için ortalama yürüme mesafesi parametresi en az 4 km seçilmelidir. Yapılan analizlerde de ortalama yürüme uzaklığının 4 km ve her talep noktasından (mahalleden) karşılanması istenen minimum talep oranının ise 0,8 seçilmesi önerilmektedir.
- Bununla birlikte karar vericilerin, 1 ADM daha açılma maliyetini kabul etmesi durumunda tüm talebin karşılanması durumu da tercih edilebilir olup, bu durumda da ortalama yürüme mesafesi 4 km tercih edilmelidir.

- ADM depo olanakları açısından verilen tüm sonuçlar incelendiğinde, İstanbul Anadolu yakası uygulaması için ilgi parametrenin 0,63 veya 0,66 olarak tercih edilmesinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. GDM sayısında küçük bir artışa neden olsa da, afet yardım ürünlerinin daha iyi koşullarda saklanabilmesi ve taşınabilmesi adına karar vericilerin açılacak ADM'lerin en az yarısının depo olanakları performans değerinin 0,66'dan büyük olmasını istemeleri önerilmektedir.
- GDM depo olanakları parametresi 0,68 seçildiğinde GDM sayısında büyük azalış sağlasa da, diğer amaçlardaki kötüleşmeden dolayı; GDM depo olanakları parametresinin 0,67 seçilmesi tavsiye edilmektedir. Bununla birlikte karar verici tarafından GDM sayısındaki azalış daha önemli görülüyorsa 0,68 seçilmesi de tercih edilebilir.
- Açılan en az bir ADM'nin havaalanına olan maksimum uzaklığının; her mahalleden en az %70 talep karşılanması istenen durumda 18 km, en az %80 talep karşılanmak istendiğinde 20 km, en az %90 talep karşılanması istendiğinde 25,8, tüm talep karşılanmak istendiğinde ise 20 km olarak seçilebilir.
- Açılan en az 1 adet ADM'nin limana olması istenen maksimum uzaklık parametresi Anadolu yakası uygulaması için 20 km seçilebilir.
- Anadolu yakası uygulaması için ADM kapasite kullanım oranı parametresi çok büyük değişimlere neden olmamaktadır. Bununla birlikte GDM sayıları açısından daha iyi sonuçlar verdiğinden; ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin %50 seçilmesi tercih edilebilir.
- Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresi, tüm talebin karşılanması istendiğinde %40; diğer talep karşılama oranları için ise %50 seçilebilir.
- Yapılan ADM duyarlılığı analizlerine göre İstanbul Anadolu yakası için en az açılacak ADM sayısı 2'dir.
- Anadolu yakasında her mahalleden %80 ve altında talep karşılanma durumları için en fazla 2 adet ADM açılması; her mahalleden %90 ve 100 talep karşılanması istendiğinde ise 3 adet ADM açılması DM sayısı açısından tercih edilebilir. Bununla birlikte 2 adet ADM açılması durumunda ortalama ürün taşıma uzaklığı 3 ADM açılmasına göre oldukça yüksektir.

- GDM sayısının 35 - 60 arası değişiminin karşılanması istenen minimum talep oranı %80-100 arasında iken büyük bir değişim yaratmadığı söylenebilir. Bununla birlikte GDM sayısının 40-60 aralığındaki artışı, ortalama DM performans değerinde düşüşe neden olmaktadır. Ayrıca en yüksek ivmeli düşüş, tüm talep karşılandığında ve GDM sayısının 50 - 60 arasında artışında oluşmaktadır.
- Bir ürünün ortalama taşıma uzaklığı açısından yapılan incelemelerde, ilgi uzaklıktaki değişimin sadece ADM sayıları üzerinde anlamlı değişikliğe neden olduğu görülmüştür. Bu bakımdan tüm talep karşılama durumunda ortalama 15 km, her mahalleden en az %70-90 arası talep karşılanması istendiğinde ise 20 km taşıma uzaklığı tercih edilmelidir.
- Yapılan ortalama DM performans değeri analizlerinde ortalama DM performansının 0,7'ye eşit veya büyük olması istendiğinde diğer oranlardan ayrılmaktadır. Bu oranda açılan GDM sayısı, ilgi kısıtı sağlamak için azalırken, yürüme uzaklığı da yaklaşık 300 m artmaktadır.

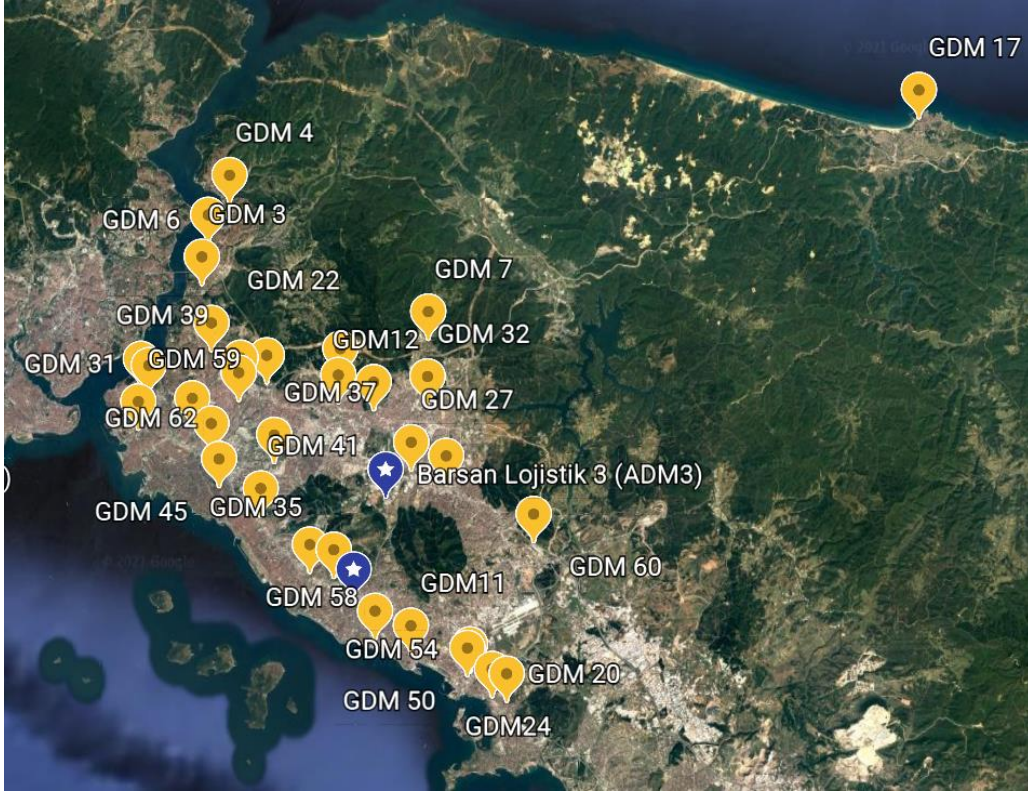
Bu sonuçlara göre Anadolu yakası uygulamasında her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı 0,8, ortalama yürüme uzaklığı 4 km, açılan ADM'lerin en az yarısının depo olanakları performans değerini 0,66, açılan GDM'lerinin en az yarısının sahip olması istenen depo olanakları parametresi 0,67 seçilmiştir. Bir ADM ve GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresi %50 olarak belirlenirken, en az bir adet ADM'nin limana ve havaalanına olması istenen maksimum uzaklığı 20 km alınarak model çözülmüş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Çizelge 6.2 : Önerilen parametreler için Anadolu yakası uygulaması model çözümü.

İncelenen Değer	Model Çözümü
Toplam Ağırlıklı Uzaklık / Ortalama Ürün Taşıma Uzaklığı	21.570.340 ürün.km / 17,82 km
Toplam DM Performans Değeri / Ortalama DM Performans Değeri	21,120 / 0,6212
Toplam Karşılanmayan Talep / Karşılanan Talep Oranı	120.450 (%90,95)
Açılan ADM Sayısı	2 (ADM 2,3)

Çizelge 6.2 (devam): Önerilen parametreler için Anadolu yakası uygulaması model çözümü.

İncelenen Değer	Model Çözümü
Açılan GDM Sayısı	32
Ortalama Yürüme Uzaklığı	4,255 km

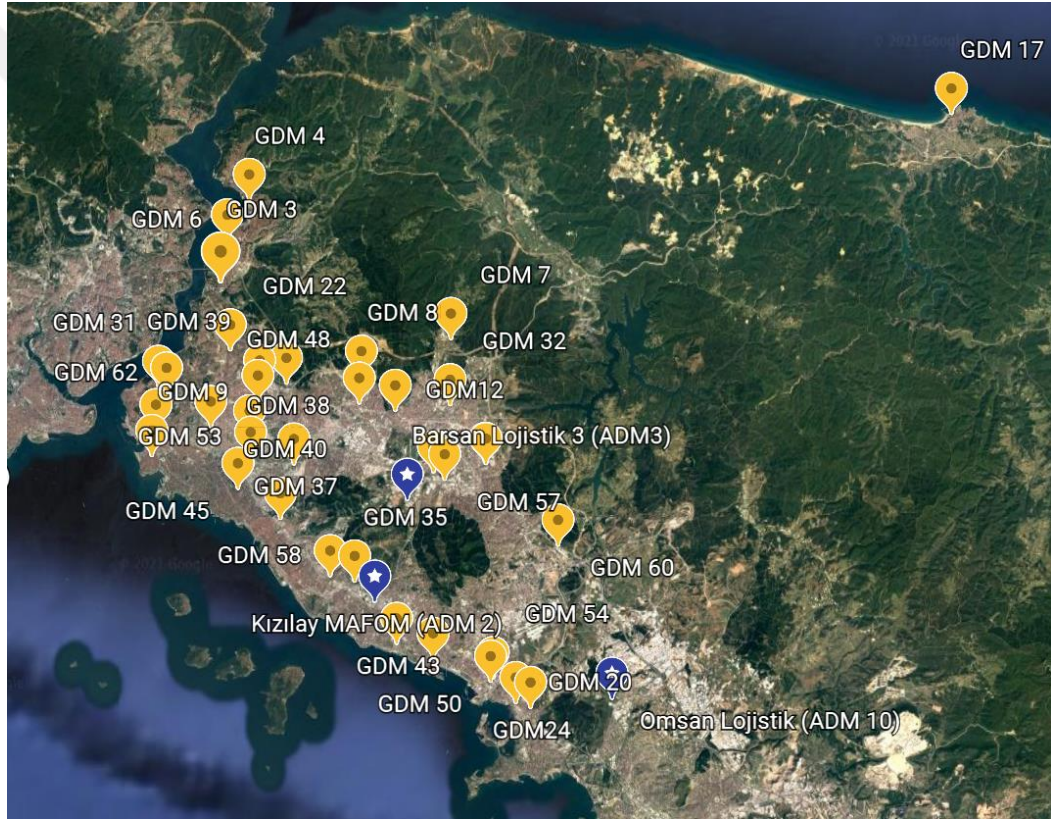


Şekil 6.63 : Anadolu yakası uygulamasında önerilen parametrelere göre açılan dağıtım merkezleri.

Sonuçlarda bahsedildiği üzere karar vericinin 1 adet daha fazla ADM maliyetine katlanmayı kabul etmesi durumunda ise tüm talep karşılanması önerilmektedir. Bu durumda ortalama yürüme uzaklığı 4 km, açılan ADM'lerin en az yarısının depo olanakları performans değerini 0,66, açılan GDM'lerinin en az yarısının sahip olması istenen depo olanakları parametresi 0,67 seçilmiştir. Bir ADM ve GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresi sırasıyla %50 ve %40 olarak belirlenirken, en az bir adet ADM'nin limana ve havaalanına olması istenen maksimum uzaklığı 20 km alınarak model çözülmüş ve Çizelge 6.3'te verilen sonuçlar elde edilmiştir:

Çizelge 6.3 : Tüm talep karşılanması durumu için Anadolu yakası model çözümü.

İncelenen Değer	Model Çözümü
Toplam Ağırlıklı Uzaklık / Ortalama Ürün Taşıma Uzaklığı	21.095.130 ürün.km /15,85 km
Toplam DM Performans Değeri / Ortalama DM Performans Değeri	23,928 / 0,6135
Toplam Karşılanmayan Talep / Karşılanan Talep Oranı	0 (%100)
Açılan ADM Sayısı	3 (ADM 2,3,10)
Açılan GDM Sayısı	36
Ortalama Yürüme Uzaklığı	3,571 km



Şekil 6.64 : Anadolu yakası uygulamasında tüm talep karşılandığında açılan dağıtım merkezleri.

6.2 Senaryo 2: İstanbul İli Avrupa Yakası Uygulaması

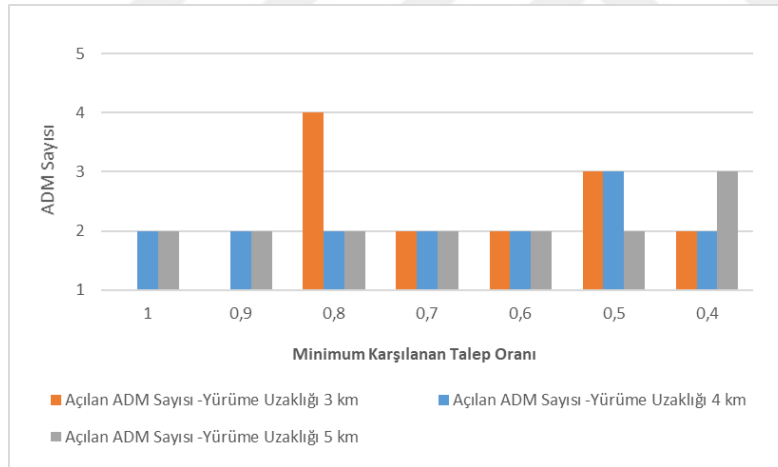
Bu bölümde incelenen senaryoda, meydana gelen deprem sonrası İstanbul ili Avrupa ve Anadolu yakaları arasında bağlantı kuran Fatih Sultan Mehmet, 15 Temmuz, Kanuni Sultan Süleyman köprülerinin ve Avrasya Tüneli'nin hasar aldığı ve

kullanılamaz durumda olduğu kabul edilmiştir ve bu koşullar altında Avrupa yakasındaki DM yer seçimi problemi ele alınmıştır.

Bu senaryoda, ADM ve GDM'ler sadece İstanbul ili Avrupa yakasında kurulacak ve bu yakada bulunan 482 mahalledeki talep noktalarına dağıtım yapabileceklerdir. Bu uygulamada, İstanbul ili Avrupa yakasında açılacak 17 adet ADM, 118 adet GDM aday noktası belirlenmiştir.

6.2.1 Duyarlılık analizi: Maksimum ortalama yürüme mesafesi ve her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı

Önerilen model, İstanbul ili Avrupa yakası verileri ile farklı parametreler seçilerek çözülmüştür. Bununla birlikte, bir afetzedenin en fazla yürümesine izin verilen uzaklık Anadolu uygulamasına benzer şekilde 13 km olarak belirlenmiştir. Bu sayı azaltıldığında, model olurlu bir çözüm bulamamaktadır. Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme mesafesi parametrelerine bağlı olarak açılan ADM sayısındaki değişim Şekil 6.65'te verilmiştir.



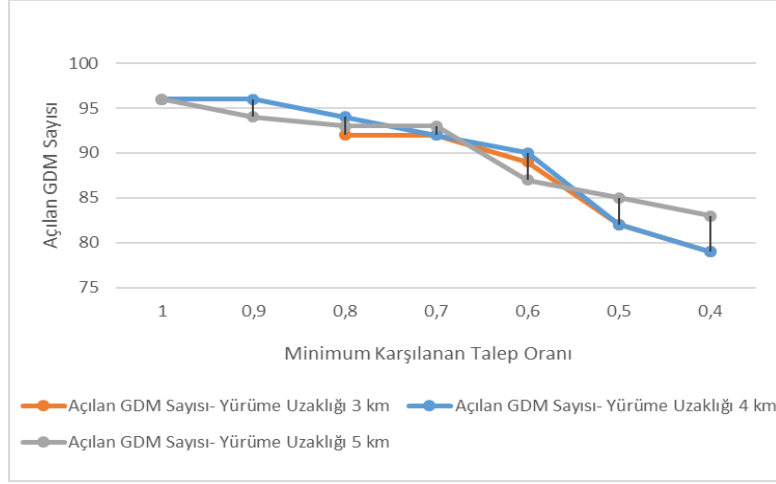
Şekil 6.65: Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak açılan ADM sayısı.

Buna göre Avrupa yakası uygulamasında da Anadolu yakası uygulamasında olduğu gibi ortalama yürüme uzaklığı 3 km olduğunda tüm talep karşılanamamakta; her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı parametresi en fazla % 80 seçildiğinde model olurlu çözüm verebilmektedir. Ortalama yürüme uzaklığı parametresi 3 km seçildiğinde, açılan ADM sayısı, sadece her bölgeden karşılanacak en az talep oranının % 50 ve 80 seçildiğinde değişmekte; diğer durumlarda 2 adet ADM açılmaktadır. Her mahalleden en az % 50 talep kapsanması istendiğinde artan talep nedeni ile açılan

ADM sayısı da artmaktadır. Bununla birlikte en az %60 talep kapsanması istendiğinde ise daha büyük kapasiteli ADM'ler açılmakta ve bu nedenle açılan 2 adet ADM'nin kapasitesi yeterli olmaktadır. Bununla birlikte, bu oran %80'e arttığında oldukça kısıtlanan model, 4 adet ADM açarak toplam ağırlıklı uzaklığı azaltmaktadır.

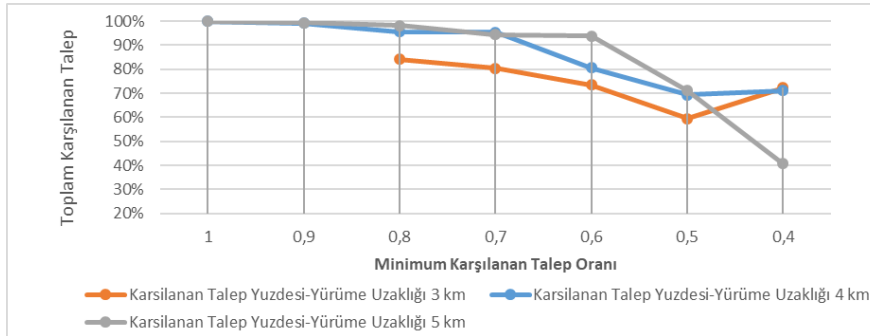
Ortalama yürüme uzaklığı parametresi 4 km seçildiğinde İstanbul ili Avrupa yakası uygulamasında açılan ADM sayısı 2'dir. Bunun tek istisnası %50 talep karşılanma durumudur. Burada kapsanması istenen minimum talep %40'tan 50'ye arttığında GDM sayısı da artmaktadır. Bununla birlikte her mahalleden en az %60 talep kapsanması istendiğinde ise daha büyük kapasiteli ADM'ler açılmakta ve 2 adet ADM'nin kapasitesi yeterli olmaktadır. Ortalama yürüme uzaklığı parametresi 5 km'ye arttırıldığında ise ADM sayısı açısından her mahalleden en az %50-%100 talep karşılanması istenen durumlarda değişiklik olmamakta ve ortalama yürüme uzaklığı parametresinin 4 km seçilmesi durumundaki sonuçlar elde edilmektedir. Ortalama yürüme uzaklığı parametresi 5 km seçildiğinde her mahalleden kapsanması istenen talep miktarı %50'ye arttırıldığında ADM sayısının azalmasının nedeni de daha yüksek kapasiteli ADM'nin açılmasıdır. Buna göre ADM sayısı açısından, Avrupa yakası uygulaması için her mahalleden en az %80-%100 arasında talep kapsanması istendiğinde ortalama yürüme mesafesi 4 km, %60 ve 70 talep kapsanması istendiğinde ise yürüme uzaklığı parametresi 3 km olarak seçilebilir.

Şekil 6.66'da, her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak açılan GDM sayısındaki değişim verilmiştir. Buna göre ortalama yürüme uzaklığının 3 ve 4 km seçilmesi, GDM sayısı açısından yaklaşık aynı sonuçları vermektedir. Ayrıca bu parametreler için açılan GDM sayısı, en az karşılanacak talep oranının %40-90 aralığında artmasıyla artmaktadır. %90-100 için ise açılan GDM sayısı 4 km için değişmemektedir. Ortalama yürüme uzaklığı 5 km seçildiğinde de minimum talep karşılanma oranı %40-70 arasında arttığında açılan GDM sayısı da artmaktayken, %70-90 aralığında sabit kalmakta ve tüm talep karşılandığı durumda ise azalmaktadır. 5 km yürüme mesafesinin ise yaklaşık olarak 4 km yürüme mesafesi ile aynı sonuçları vermektedir. Buna göre GDM sayısı açısından Avrupa yakası uygulaması için her mahalleden en az %80-100 arasında talep kapsanması istendiğinde ortalama yürüme mesafesi 4 km, %40-70 arası talep kapsanması istendiğinde ise yürüme uzaklığı parametresi 3 km olarak seçilebilir.



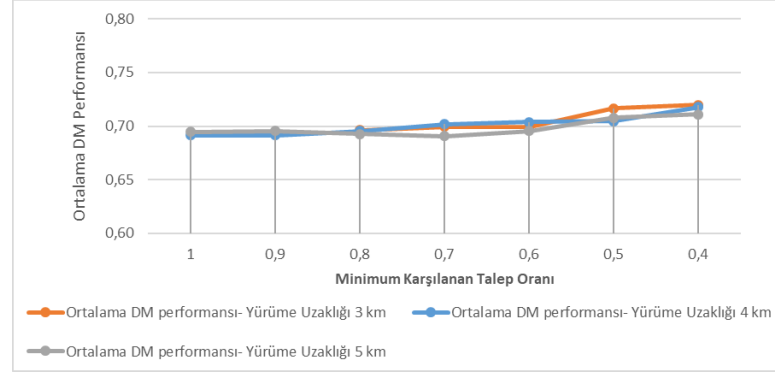
Şekil 6.66: Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak açılan GDM sayısı.

Şekil 6.67’de her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak model çözüm sonucu elde edilen toplam karşılanılan talep oranları verilmiştir. Her mahalleden minimum karşılanması istenen talep %70-100 arasında ve %50 talep karşılanma durumunda iken, ortalama yürüme mesafesi 4 ve 5 km seçildiğinde yaklaşık aynı sonuçlar elde edilmektedir. Ortalama yürüme mesafesi 3 km seçildiğinde ise %50-80 talep karşılanma durumlarında, beklenildiği üzere en düşük değerleri almaktadır.



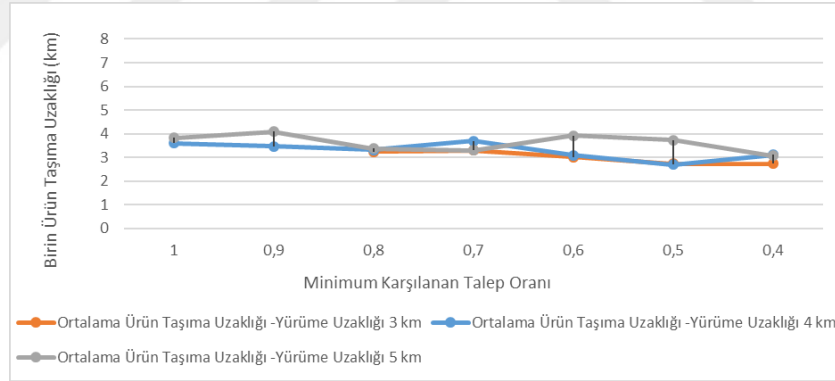
Şekil 6.67: Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak toplam karşılanılan talep.

Şekil 6.68 incelendiğinde ortalama DM performansının, ortalama yürüme uzaklığı parametresindeki değişime karşı duyarsız olduğu görülmektedir. Ayrıca her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı parametresi arttıkça model çözümü sonucu elde edilen ortalama DM performans değerleri azalmaktadır. Bunun nedeni modelin daha çok kısıtlanarak daha önce tercih etmediği DM’lerin de açmaya başlamasıdır.



Şekil 6.68: Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı ortalama DM performans değeri.

Şekil 6.69’da bir ürünün ADM ve talep noktası arası ortalama ürün taşıma mesafesi, her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak verilmiştir. Burada da 3 ve 4 km ortalama yürüme mesafesi yaklaşık aynı sonucu vermektedir. Bununla birlikte her mahalleden karşılanması istenen minimum talep oranı en az 0,4-0,6 ve 0,9-1 aralığında iken ortalama yürüme uzaklığı 5 km seçildiğinde daha yüksek taşıma uzaklıkları oluşmaktadır.



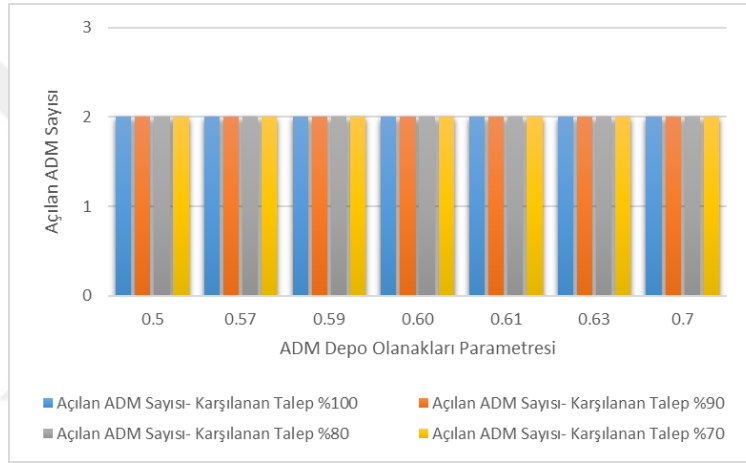
Şekil 6.69: Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı ortalama ürün taşıma uzaklığı.

Buna göre İstanbul ili Avrupa Yakası uygulaması için ortalama yürüme uzaklığının 4 km seçilmesi ve tüm talebin karşılanmasının en iyi sonucu verdiği görülmektedir. Bununla birlikte, her mahalleden %70 ve daha düşük talep karşılanması istendiğinde ortalama yürüme uzaklığı parametresi 3 km olarak seçilmelidir.

6.2.2 Duyarlılık analizi: ADM depo olanakları parametresi

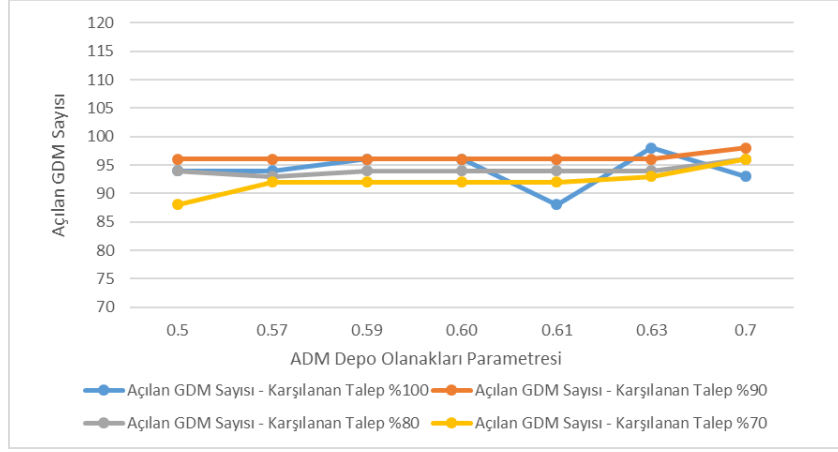
Önerilen matematiksel modelde açılan ADM’lerin yarısının “depo olanakları” performans değerinin en az karar verici tarafından belirlenen bir değer olması

istenmektedir. Bu nedenle bu bölümde bu parametredeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. İstanbul Avrupa yakası uygulaması aday ADM'lerin depo olanakları performans değerlerinin medyanı 0,6'dır. ADM depo olanakları kriteri 0,7'nin üzerinde olan tek bir ADM aday noktası bulunurken, 17 adet ADM'nin 13 tanesinin ilgi performans değeri de 0,5'in üzerindedir. Bu nedenle ilgi parametre 0,5 – 0,7 arasında arttırılmış ve bu değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar incelenerek elde edilen sonuçlar Şekil 6.70'te verilmiştir. Buna göre incelenen her durumda 2 adet ADM açılmıştır ve Avrupa yakası uygulaması için açılan ADM sayısı, ADM depo olanakları performans değeri parametresinin değişimine karşı duyarlı değildir.



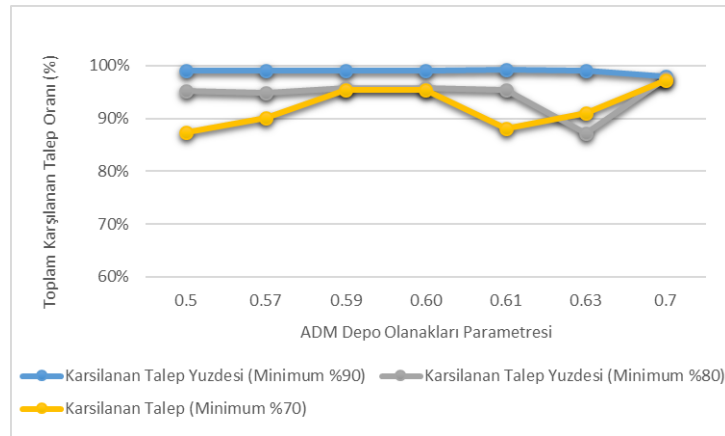
Şekil 6.70: ADM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.

Şekil 6.71'de ise ADM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi verilmiştir. Tüm talebin karşılanması durumunda ADM depo olanakları parametresi 0,61-7 arasındaki değişimlere karşı duyarlıdır. Bu aralıktaki üç noktada model, farklı ADM'ler açmakta ve buna bağlı olarak da toplam ağırlıklı uzaklığı en uygun seviyede tutmak adına farklı sayıda GDM açmayı tercih etmektedir. Bununla birlikte tüm talebin kapsanması durumu haricinde, incelenen parametrenin 0,57 – 0,63 arasındaki değişimi açılan GDM sayısı açısından duyarsızdır. İlgi parametre 0,5 seçildiğinde ise model kısıtı en gevşek durumdadır ve en az talep karşılama zorunluluğu olan her mahalleden %70 talep karşılanma durumunda daha az GDM açılmaktadır.



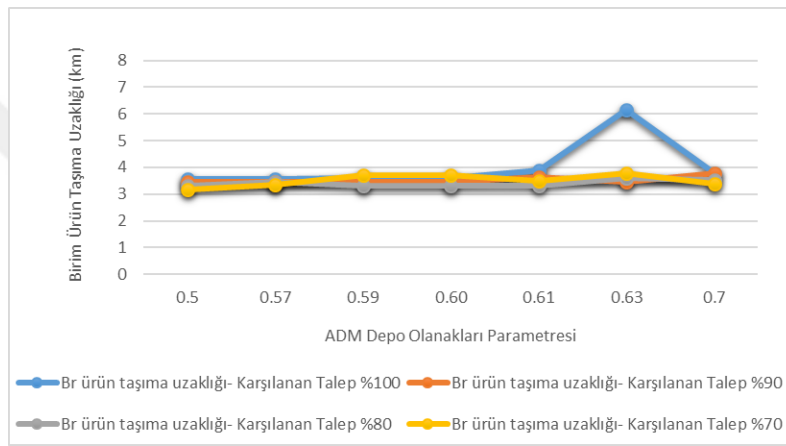
Şekil 6.71: ADM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.

Şekil 6.72’de ADM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talebe etkisini gösteren grafik verilmiştir. Buna göre ilgi parametre arttırıldığında her bölgeden en az % 90 talep karşılama durumu, ilgi parametrenin üst sınır olan 0,7 seçilmesi haricinde 0,5 – 0,63 arasındaki değişimlerden etkilenmemektedir. Her bölgeden en az %70 talep karşılama durumu ise Anadolu yakası uygulamasına benzer olarak, ADM depo olanakları parametresinin 0,5 -0,7 arasındaki değişimlerine karşı en duyarlı olunan durumdur. İlgi parametre 0,61’e arttırıldığında karşılanan toplam talepte yaklaşık %7 azalma olmaktadır. Benzer bir azalış da her bölgeden en az %80 talep karşılama durumunda bir sonraki parametre artışında yaşanmaktadır. En yüksek parametre değeri olan 0,7’de ise tüm talep karşılama durumları aynı oranda talebi karşılamaktadır. Bu durum, kısıt daha gevşek iken açılmayan; ancak bu kısıtın daralması ile zorunlu olarak açılan ADM’nin kapasitesinin çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.



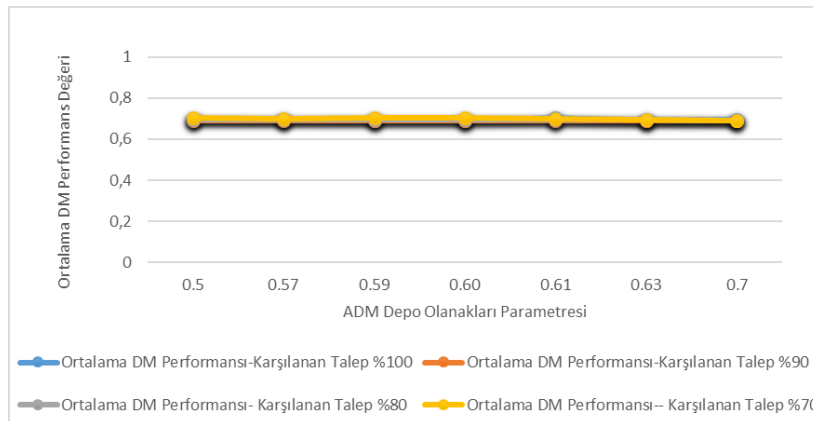
Şekil 6.72: ADM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

Şekil 6.73, ADM depo olanakları parametresinin bir birim ürünün taşınması için gidilen ortalama uzaklığa etkisini göstermektedir. Buna göre ilgi parametrenin 0,5 – 0,61 arasındaki değişimi ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından duyarsızdır. Bu parametre 0,63’e yükseldiğinde tüm talebin karşılanması durumunda farklı ADM açıldığından ortalama taşıma uzaklığında yaklaşık 4 km yükseliş olmaktadır. Bununla birlikte bu parametrede diğer talep karşılanma oranlarında da hafif de olsa bir yükselme görülmektedir. Ayrıca üst değer olan 0,7 parametresinde yine tüm talep karşılanma durumlarında yaklaşık aynı uzaklık elde edilmiştir. Buna göre ürün taşıma uzaklığı açısından 0,7 ADM depo olanakları performans değeri tercih edilebilir.



Şekil 6.73: ADM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

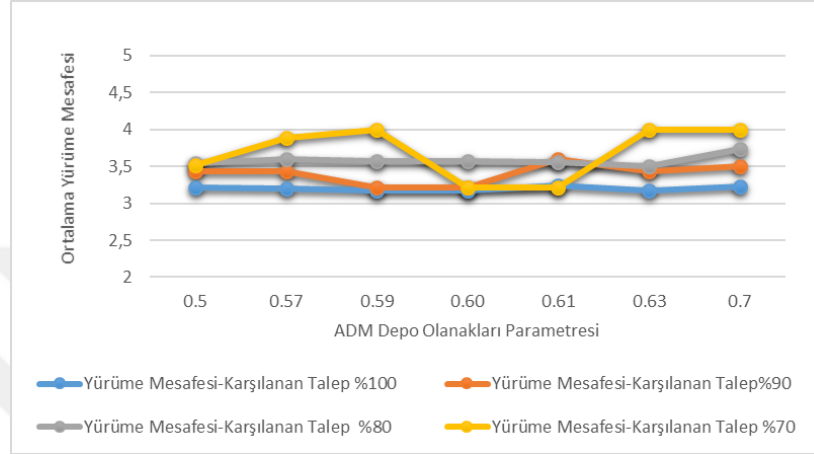
Şekil 6.74’te ADM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi incelenmiş ve bu parametrenin değişimlerine karşı duyarsız olduğu görülmüştür.



Şekil 6.74: ADM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.75’te ADM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre ortalama yürüme uzaklığı, tüm talep karşılanma durumunda,

ilgi parametredeki değişimlere karşı duyarsızdır. Her talep noktasından en az %90 talep karşılanma durumunda ilgi parametrenin 0,61'e yükseltilmesine, her talep noktasından en az %80 talep karşılanma durumunda ise ilgi parametrenin sadece 0,7'ye arttırılmasına karşı duyarlıdır. Yürüme uzaklığı açısından her mahalleden %70 talep karşılanma durumunda ilgi parametrenin değişimlerine karşı duyarlıdır ve bu değişimler, toplam talep karşılanma durumu ile de uyumludur.



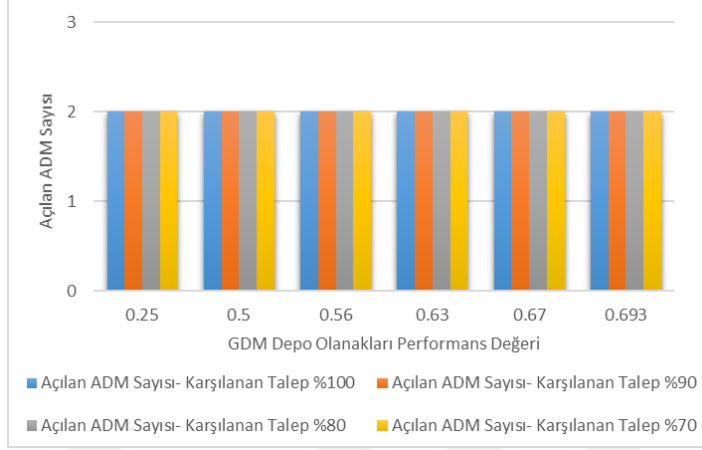
Şekil 6.75: ADM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.

ADM depo olanakları açısından verilen tüm sonuçlar incelendiğinde, İstanbul Avrupa yakası uygulaması için tüm talebin kapsanması durumunda ilgi parametrenin 0,61 seçilmesi önerilebilir. Bununla birlikte diğer talep karşılama senaryoları için ise 0,7 haricinde, depo olanakları parametresi açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ve istenilen değer seçilebilir. Depo olanakları parametresi arttırılmak isteneceğinden alınabilecek en büyük değer olan 0,63 karar vericiler tarafından tercih edilebilir.

6.2.3 Duyarlılık analizi: GDM depo olanakları parametresi

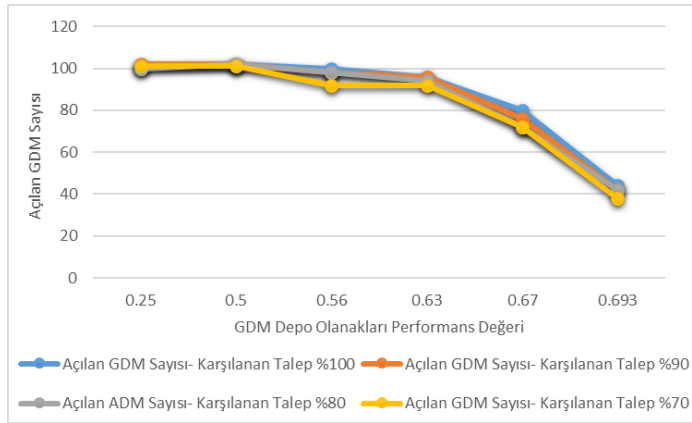
Önerilen matematiksel modelde açılan GDM'lerin yarısının "depo olanakları" performans değerinin en az karar verici tarafından belirlenen bir değer olması istenmektedir. Bu nedenle, bu parametredeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. İstanbul Avrupa yakası uygulaması için belirlenen aday GDM'lerin depo olanakları performans değerleri 0,2 – 0,82 aralığındadır. Ayrıca model, ilgi parametre 0,7 seçildiğinde Avrupa yakası uygulaması için olurlu bir çözüm bulamamaktadır. Bu nedenlerle ilgi parametre 0,25 – 0,693 arasında arttırılmış ve bu değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar incelenerek sonuçlar Şekil 6.76'da verilmiştir. GDM depo olanakları parametresindeki değişim, açılan ADM

sayısını değiştirmemektedir. Buna göre İstanbul ili Avrupa yakası uygulaması için, tüm talep karşılanma senaryolarında GDM ofis olanakları performans değerinin 0,693 olması istenebilir.



Şekil 6.76: GDM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.

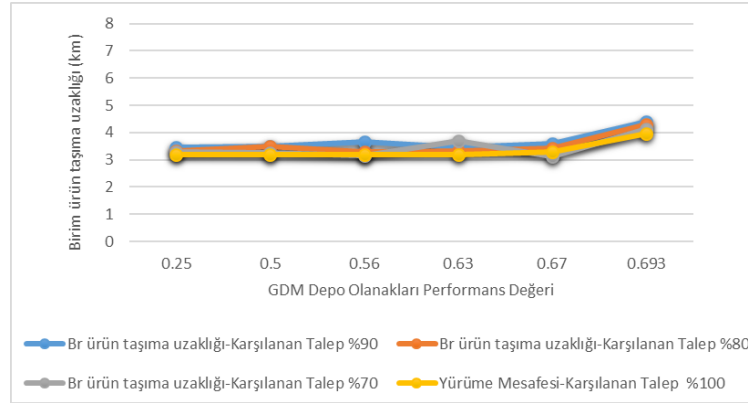
Şekil 6.77’de ise GDM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre, bu parametrenin 0,25-0,56 arasındaki değişimi GDM sayısı açısından yaklaşık olarak aynı sonucu vermekte; ancak ilgi parametrenin 0,63 – 0,68 aralığında artması açılan GDM sayısını azaltmaktadır. Başlangıçta 0,63’e arttırılan parametre küçük bir düşüş yaratsa da, ilgi parametrenin 0,67 – 0,69 arasında arttırılması açılan GDM sayısını yaklaşık %45 azaltmaktadır. Özetlemek gerekirse açılan GDM sayısı açısından GDM depo olanakları parametresi 0,693 seçilmelidir.



Şekil 6.77: GDM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.

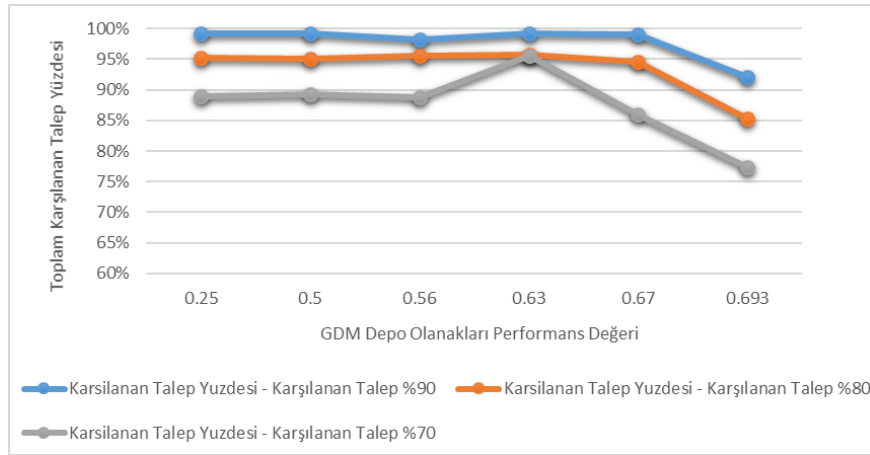
Şekil 6.78’de ilgi parametrenin birim ürün taşıma uzaklığına olan etkisi verilmiştir. Buna göre bu parametrenin 0,25 – 0,67 arasındaki değişimi, ortalama ürün taşıma uzaklığını değiştirmemektedir. Bununla birlikte parametre 0,693’e arttırıldığında, ürün taşıma uzaklığı yaklaşık 1 km artış göstermektedir. Bunun nedeni de GDM sayılarında

yaşanan yaklaşık %45’lik düşüştür. Bu nedenle ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından incelenen parametrenin 0,67 olarak seçilmesi tercih edilebilir.



Şekil 6.78: GDM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

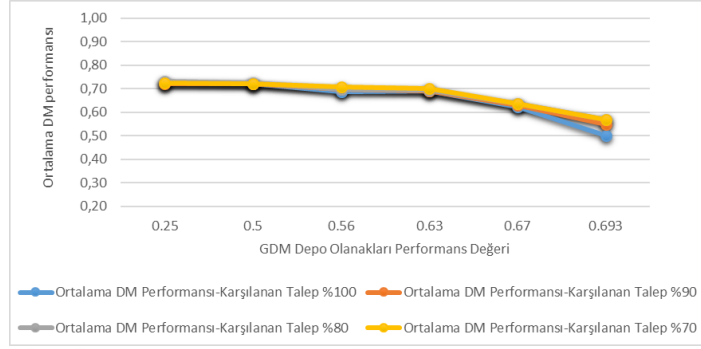
Şekil 6.79’da ise GDM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talep miktarına etkisi verilmiştir. İncelenen parametrenin değişimlerine karşı en duyarlı olunan talep karşılanma durumu her mahalleden en az %70’inin karşılanmasıdır. Her talep noktasından en az %90 ve 80 talep karşılanma durumlarında, ilgi parametrenin 0,25 – 0,67 arasındaki değişimlerine karşı duyarsızdır. 0,67 – 0,693 arasındaki parametre artışı ise tüm incelenen senaryolarda toplam karşılanan talepte yaklaşık %10 düşüşe neden olmuştur. Bu sonuç, bu oranlarda azalan GDM sayıları ile de uyumludur.



Şekil 6.79: GDM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talep miktarına etkisi.

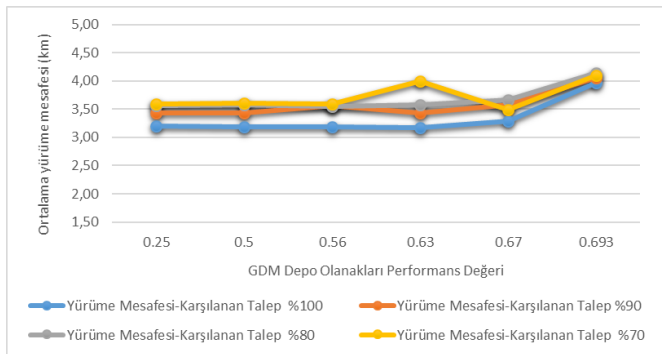
Şekil 6.80’de GDM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre 0,25-0,63 ortalama DM performans değeri yaklaşık aynı iken, bu parametrenin 0,63 – 0,693 arasındaki değişimi ortalama DM performansını azaltmaktadır. Her parametre artışında yaklaşık ortalama DM performans değerinde

%7'lik bir düşüş yaşanmaktadır. Bunun nedeni, depo olanakları performans değeri yüksek olsa da, alışveriş merkezi gibi maliyet kriteri nedeniyle toplam performans puanı düşük olan DM'lerin açılmasıdır. Bu nedenle ortalama DM performansı açısından GDM depo olanakları parametresi 0,63 olarak tercih edilebilir.



Şekil 6.80: GDM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.81’de GDM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre ilgi parametrenin 0,25 – 0,63 arasındaki değişimi her mahalleden en az %80, 90 ve 100 talep karşılanma istendiği durumda değişiklik yaratmamaktadır. Bahsi geçen aralıkta %70 talep karşılanma durumunda da değişiklik olmamakta, sadece 0,63 noktasında yaklaşık 0,5 km’lik artış oluşmaktadır. Bunun nedeni ise bu noktada diğerlerine göre daha fazla talebin Şekil 6.79’da verildiği üzere DM sayılarında çok fazla değişiklik olmadan karşılanmasıdır. Bununla birlikte incelenen parametre 0,67’ye yükseldiğinde yürüme mesafesinde küçük bir artış olurken, 0,693’e yükseldiğinde ise azalan GDM sayıları nedeniyle yürüme uzaklığı 4 km’ye ulaşmaktadır. Buna göre, ortalama yürüme uzaklığı açısından GDM depo olanakları parametresi 0,63 tercih edilebilir.

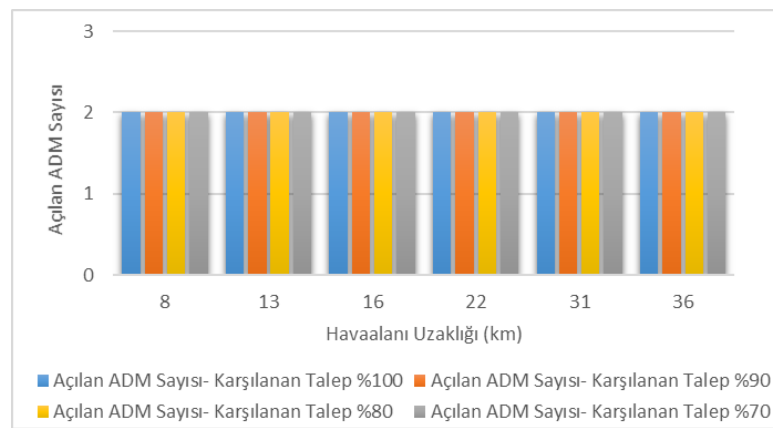


Şekil 6.81: GDM depo olanakları parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.

Yukarıdaki tüm amaçlar için elde edilen sonuçlar incelendiğinde bazı amaçlar için 0,67 seçildiğinde, diğerleri için ise 0,693 seçildiğinde daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. GDM depo olanakları parametresi; GDM sayısında büyük azalış yarattığından 0,693 tercih edilebilir. Bununla birlikte diğer amaçlardaki istenmeyen durumlar göz önüne alınarak bu parametrenin karar verici tarafından 0,67 olarak kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu sayede hem GDM’lerde yaklaşık % 20 düşüş sağlanacak hem de yürüme, ortalama ürün taşıma uzaklığı, ortalama DM performansı gibi amaçlardaki istenmeyen yöndeki artışın da önüne geçilebilecektir.

6.2.4 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM’nin havaalanı uzaklık parametresi

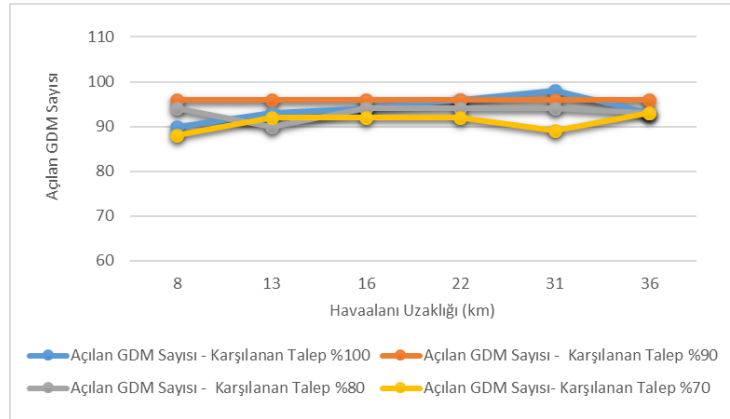
Önerilen matematiksel modelde açılan ADM’lerin en az bir tanesinin havaalanına olan uzaklığının en fazla karar verici tarafından belirlenen bir değer kadar olması istenmektedir. Bu bölümde bu parametredeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Buna göre açılan en azından bir ADM’nin havaalanına olan uzaklığının 8 ve 36 km’den az olması durumu incelenmiştir. Bu aralık İstanbul Avrupa yakasında seçilen ADM’lerin kendilerine atanan havaalanına olan uzaklık aralığına uygun olarak seçilmiş ve açılan ADM sayısı için elde edilen sonuçlar Şekil 6.82’de verilmiştir. Buna göre, İstanbul Avrupa yakası uygulamasında açılan ADM sayısı, ADM’nin havaalanına olan uzaklığındaki değişime karşı duyarsızdır ve her durumda 2 adet ADM açılmaktadır.



Şekil 6.82: Açılan ADM’lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum ADM sayısına etkisi.

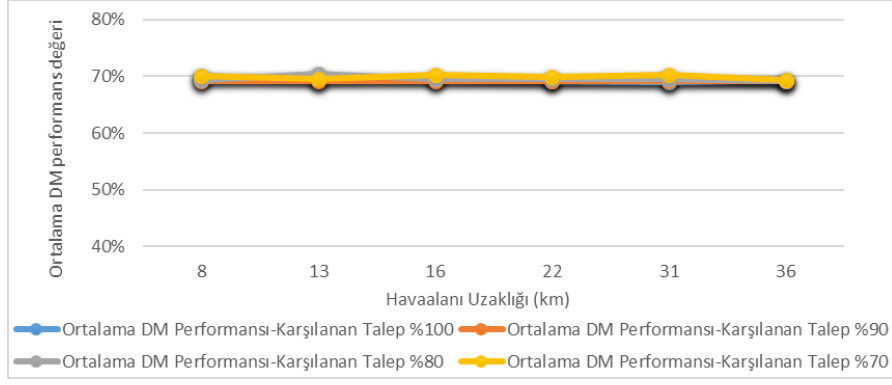
Şekil 6.83’te açılan ADM’lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre incelenen parametredeki

değişiklikler, her mahalleden en az %90 talep karşılanması istendiği durumda açılan GDM sayısı etkilememektedir. Tüm talebin karşılanması istendiği durumda ise bu parametrenin 11 - 18 km arasındaki değişimi açılan GDM sayılarını değiştirmezken; 20 km'ye arttırıldığında açılan GDM sayısı 4 adet azalmaktadır. Bunun nedeni 20 km uzaklığa izin verildiğinde sayı aynı kalsa da; daha önce izin verilmeyen farklı bir aday ADM'nin açılmasıdır. 25,8 km'ye izin verildiğinde ise model, toplam ağırlıklı uzaklığı azaltmak için daha fazla GDM açmaktadır. %90 talep karşılanma durumunda da sayı aynı kalsa da farklı ADM'lerin açılması nedeniyle GDM sayıları üzerinde de değişiklik görülmektedir. Her talep noktasından en az %70 talep karşılanma durumunda da model sadece 16 - 18 km arasındaki değişime karşı duyarsızdır. Diğer değişimlerde ise açılan ADM'ler değişmekte ve buna bağlı olarak açılan GDM sayıları da değişiklik göstermektedir. Tüm talep karşılanma durumunda 8-31 km arasında açılan GDM sayılarında küçük artışlar yaşanırken; 36 km'de ise daha büyük kapasiteli GDM'ler açılmış ve toplam sayı azaltılmıştır. Bunun dışında GDM sayısı açısından küçük değişiklikler olsa da bu değişimler uzaklık değiştiğinde açılan farklı ADM'ler nedeniyle oluşmaktadır. Model, yeni DM kombinasyonları ile toplam ağırlığı azaltacak ve toplam performans değerini arttıracak seçimler yapmakta ve GDM sayılarında küçük değişiklikler yaşanabilmektedir.



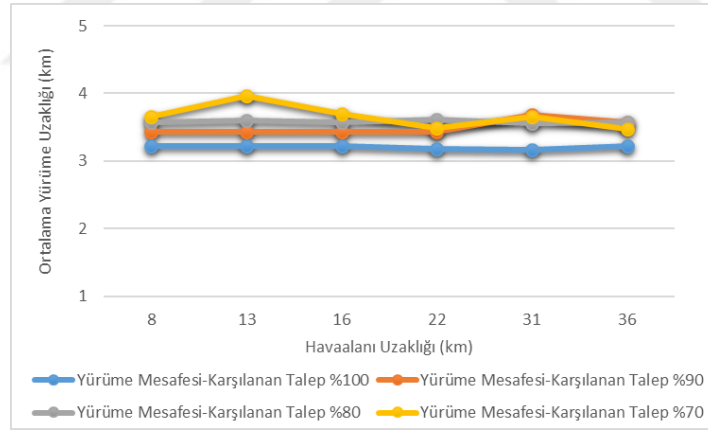
Şekil 6.83: Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının GDM sayısına etkisi.

Şekil 6.84'te açılan ADM'lerin havaalanına olan uzaklığının ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre, bu parametrenin genel olarak ortalama DM performansını etkilemediği söylenebilir.



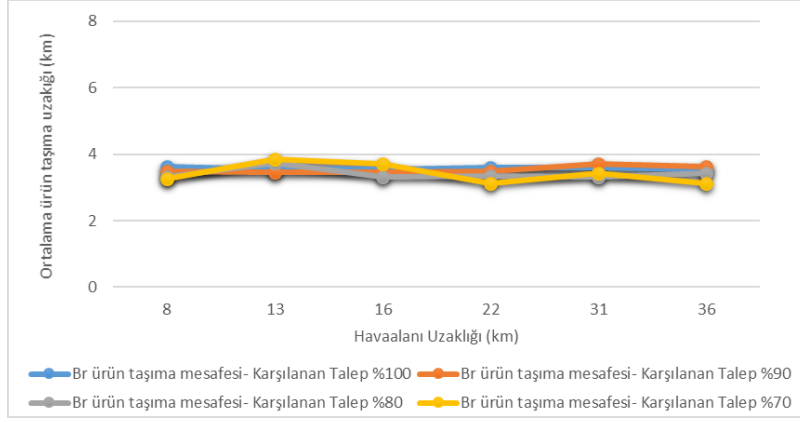
Şekil 6.84: Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.85'te açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama yürüme uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az % 80 ve %100 talep karşılanma durumlarının, bu parametredeki değişimlere karşı duyarsız olduğu söylenebilir. Her mahalleden en az % 90 talep karşılanma durumunda ise ilgi parametre 31 km'ye arttırıldığında 0,2 km'lik bir artış oluşmuştur. Her mahalleden en az %70 talep karşılanması durumunda da GDM sayılarında değişiklik olan noktalarda ortalama yürüme uzaklığının da etkilendiği görülmektedir.



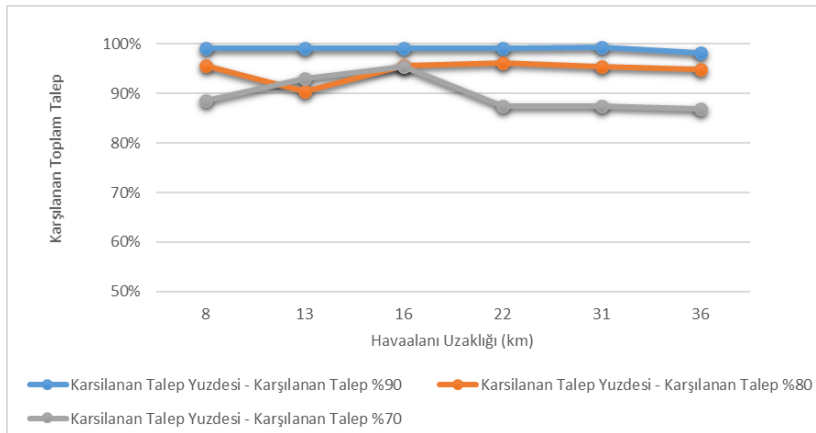
Şekil 6.85: Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama yürüme uzaklığına etkisi.

Şekil 6.86'da açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olan maksimum uzaklığının ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre ortalama ürün taşıma uzaklığı, tüm talebin karşılanması durumunda bu parametredeki değişime karşı duyarsız olduğu söylenebilir. Yalnızca her mahalleden en az %70 talep kapsanma durumu diğerlerine göre parametrenin değişimlerinden çok az etkilenmektedir. Bu durum da yine aynı talep karşılanma durumunda GDM sayılarında yaşanan değişimle uyumludur.



Şekil 6.86: Açılan ADM’lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

Şekil 6.87’de açılan ADM’lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının karşılanan toplam talebe etkisi verilmiştir. Buna göre bu parametredeki değişime en duyarlı olunan durum her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda uzaklığın 8-22 km arasındaki değişimidir. Burada 22 km’ye kadar karşılanan toplam talebi arttıran model, bu noktadan sonra ağırlıklı uzaklığı talebi azaltarak düşürerek ortalama ürün taşıma uzaklığını aynı noktada tutmaya çalışmıştır. Bunun dışında talep noktalarından en az %80 talep karşılanması istendiğinde de, 13 km’de DM’ler arası uzaklık arttığından, toplam ağırlıklı uzaklığı azaltabilmek için karşılanan toplam talebi azaltmıştır. Bunun dışında ilgi parametrenin 22 – 36 km arasındaki değişimlerinden model etkilenmemektedir. Benzer şekilde her mahalleden en az %90 talep karşılanma durumu da incelenen parametrenin değişimlerine karşı duyarsızdır.

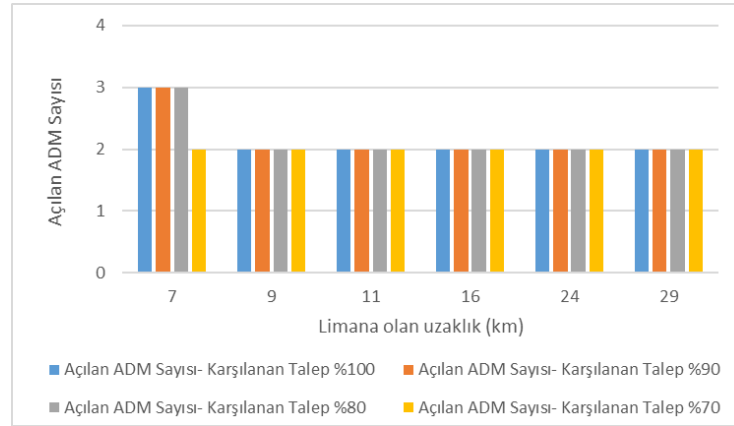


Şekil 6.87: Açılan ADM’lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının karşılanan toplam talebe etkisi.

Yukarıda verilen sonuçlar genel olarak incelendiğinde açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin Avrupa yakası uygulaması için karar vericiler tarafından 8 km olarak seçilmesi önerilmektedir.

6.2.5 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM'nin liman uzaklık parametresi

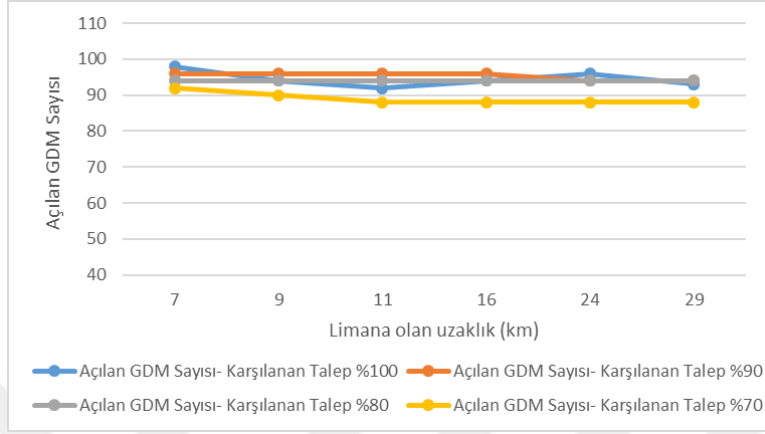
Önerilen matematiksel modelde açılan ADM'lerin en az bir tanesinin limana olan uzaklığının en az karar verici tarafından belirlenen bir değerden daha az olması istenmektedir. Bu nedenle bu bölümde bu parametredeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Buna göre açılan en azından bir ADM'nin limana olan uzaklığının en fazla 7 ve 29 km arasında olması senaryoları incelenmiştir. Bu parametredeki değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar sonuçlar Şekil 6.88'de verilmiştir. Buna göre incelenen parametrenin 9-29 km arasındaki değişimi ADM sayısı açısından duyarsızdır. Sadece ilgi parametre 7'ye düşürüldüğünde, bu kısıtı sağlayan tek ADM açılmak durumundadır. Bu ADM'nin kapasitesinin diğerlerine kıyasla düşük olması nedeniyle de her mahalleden en az %80 ve üstü oranda talep karşılanmak istendiğinde 3 adet ADM açılmaktadır. Bununla birlikte %70 talep karşılanma durumunda, karşılanan talep miktarı ilgi ADM'nin kapasite kısıtını aşmadığından yine 2 adet ADM açılmaktadır. Buna göre Avrupa yakası uygulaması için açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresi 9 km seçilebilir.



Şekil 6.88: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ADM sayısına etkisi.

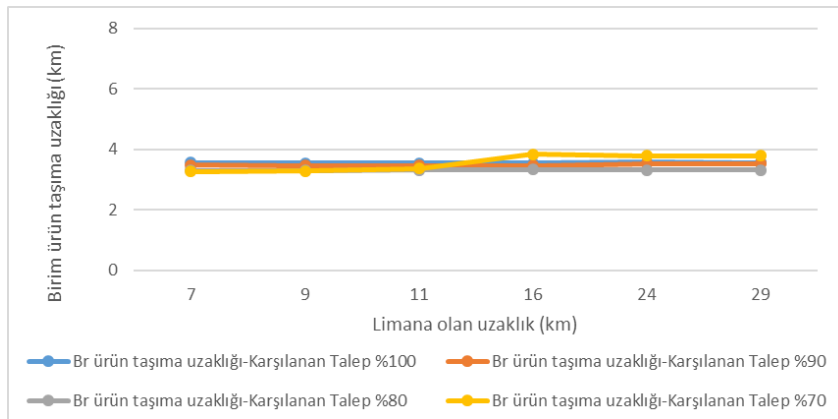
Şekil 6.89'da açılan ADM'lerin limana olan uzaklığının GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre %100 ve her bölgeden en az %70 talep karşılanma durumunda açılan GDM sayısı, incelenen parametre 7-11 km aralığında değişirken azalmaktadır.

Küçük değişimler olsa da 11- 29 km aralığında ise incelenen parametrenin GDM sayısı açısından duyarsız olduğu söylenebilir. Ayrıca her bölgeden en az %80 ve 90 talep karşılanma durumlarında da incelenen parametrenin değişimi açılan GDM sayısını değiştirmemektedir.



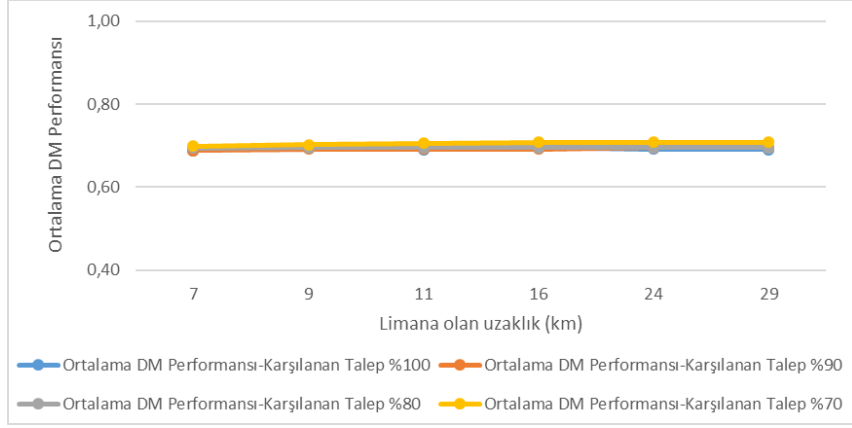
Şekil 6.89: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin GDM sayısına etkisi.

Şekil 6.90'da açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre ilgi parametrenin 16'ya artırılması her mahalleden en az %70 talep karşılanması istendiğinde ortalama ürün taşıma uzaklığı yaklaşık 0,5 km artmaktadır. Bunun dışında ADM'lerin limana uzaklığı parametresindeki değişim, birim taşıma uzaklığı açısından farklılık yaratmamaktadır.



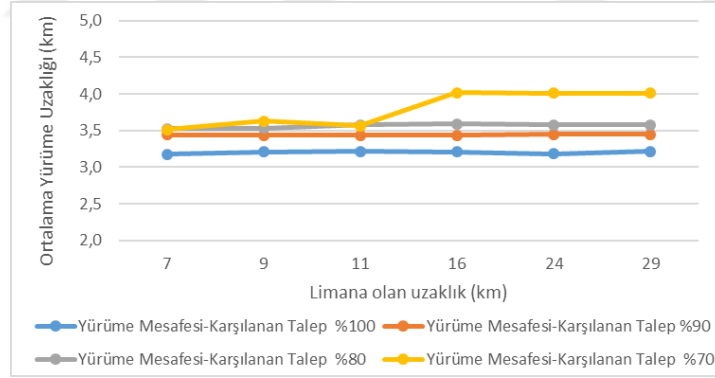
Şekil 6.90: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

Şekil 6.91'de açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre bu parametredeki değişim ortalama DM performansı için duyarlı değildir.



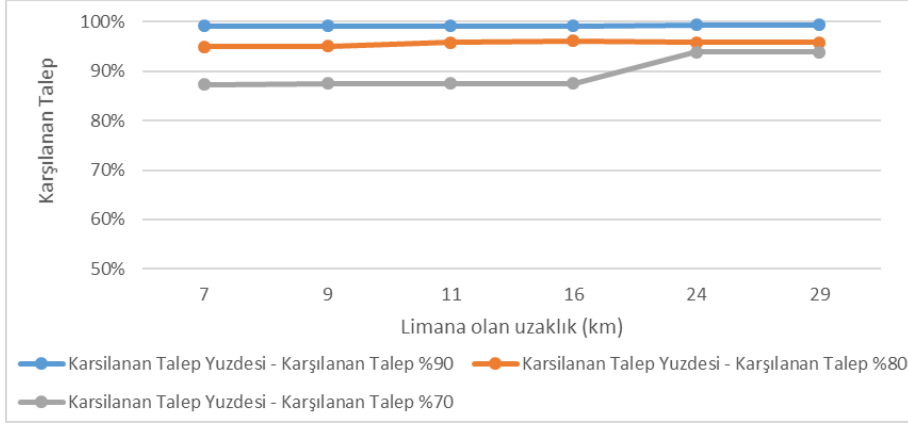
Şekil 6.91: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.92'de açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre ilgi parametrenin 16'ya arttırılması, her mahalleden en az %70 talep karşılanması istendiğinde ortalama birim taşıma uzaklığını arttırdığı gibi ortalama yürüme mesafesini de yaklaşık 0,4 km artmaktadır. Bunun dışındaki durumlarda ise, ortalama yürüme uzaklığı açısından limana olan uzaklık parametresinin duyarsız olduğu görülmektedir.



Şekil 6.92: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.

Şekil 6.93'te açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi verilmiştir. Buna göre ilgi parametrenin 16'ya arttırılması ile, her mahalleden en az %70 talep karşılanması durumunda toplam karşılanan talepte de artış meydana gelmektedir. Bu da yürüme mesafesinin ve ortalama ürün taşıma uzaklığının artmasını açıklamaktadır. Bunun dışındaki durumlarda ise, toplam karşılanan talep açısından limana olan uzaklık parametresinin duyarsız olduğu görülmektedir.

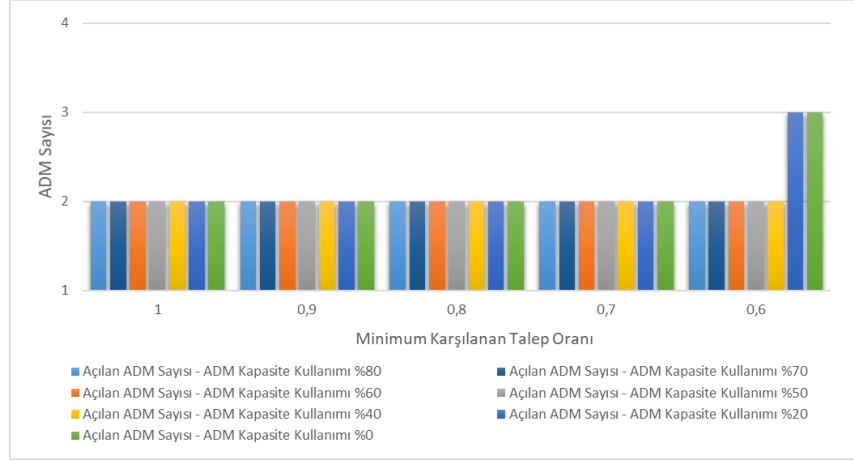


Şekil 6.93: Açılan ADM’lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

Yukarıda verilen veriler ışığında, açılan ADM’lerin en az bir tanesinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin İstanbul Avrupa yakası uygulaması için 9 km olarak tercih edilmelidir.

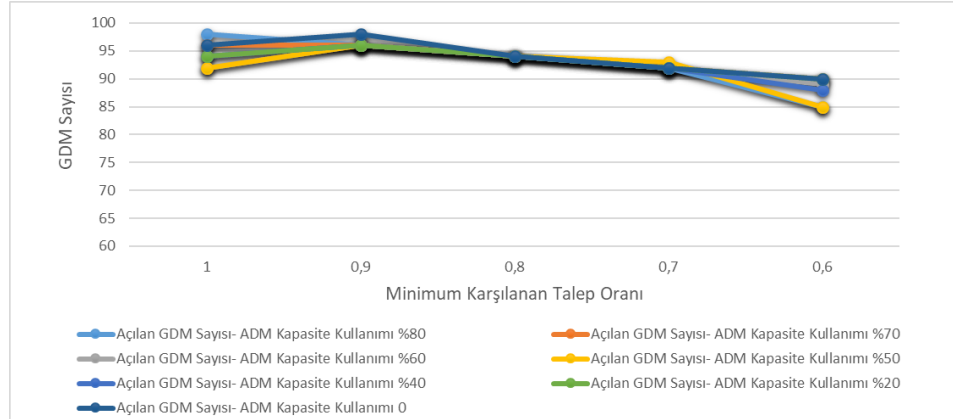
6.2.6 Duyarlılık analizi: Bir ADM’nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı

Bu bölümde bir ADM’nin açılması için kullanılması gerekli olan minimum kapasite oranı parametresindeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Buna göre açılmasına izin verilen ADM’nin kapasite kullanım oranının hiç olmaması ve en az %80 seçilmesi arasındaki değişimler incelenmiştir. Bu parametredeki değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar sonuçlar Şekil 6.94’te verilmiştir. Buna göre her bölgeden %70-100 talep karşılanması durumunda açılan ADM sayısı, bir ADM’nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinden duyarsızdır. Ancak minimum talep karşılama oranı %60 ile 0-%20 ADM kapasite kısıtı seçildiğinde açılan ADM sayısı 3’e çıkmaktadır. Bu senaryolarda model, toplam kapasiteyi yaklaşık aynı değerlerde tutacak şekilde açılan ADM sayısını arttırarak ortalama ağırlıklı uzaklığı düşürmektedir.



Şekil 6.94: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi.

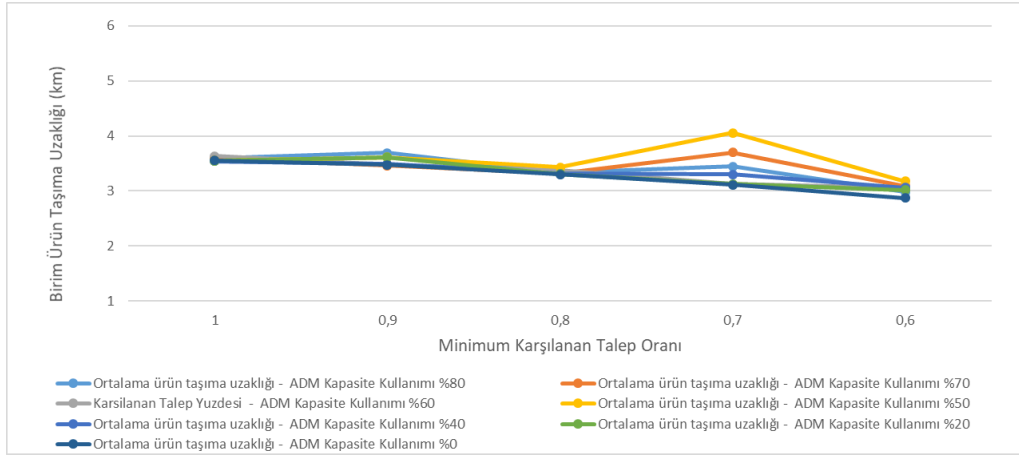
Şekil 6.95'te bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre tüm talep karşılanma durumunda ilgi parametredeki değişimler ADM sayısını etkilemese de GDM sayısını az da olsa değiştirmektedir. İlgi parametredeki değişimlere GDM sayısı açısından en duyarlı olunan durumlar %100 ve her bölgeden en az %60 talep karşılanma durumlarıdır. Bu durumda en az GDM sayısı, %50 ADM kapasite kısıtı ile elde edilmektedir. Bunun dışında, her mahalleden en az %70-90 talep karşılanması istendiğinde GDM sayısı, ilgi parametredeki değişime karşı duyarlı değildir.



Şekil 6.95: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi.

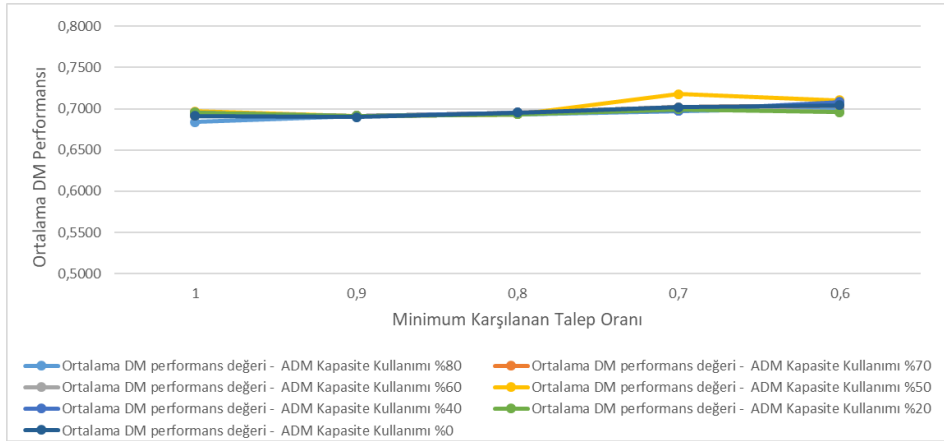
Şekil 6.96'da açılan bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %70 talep karşılanması istendiğinde ilgi parametre %70 iken diğer durumlara göre ayrılmakta ve ortalama taşıma uzaklığı sırasıyla %50 ve 20 ADM

kapasite kullanımı durumunda yükselmektedir. Bunun dışındaki değişimler içinse ilgi parametredeki değişimler, ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından duyarsızdır.



Şekil 6.96: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

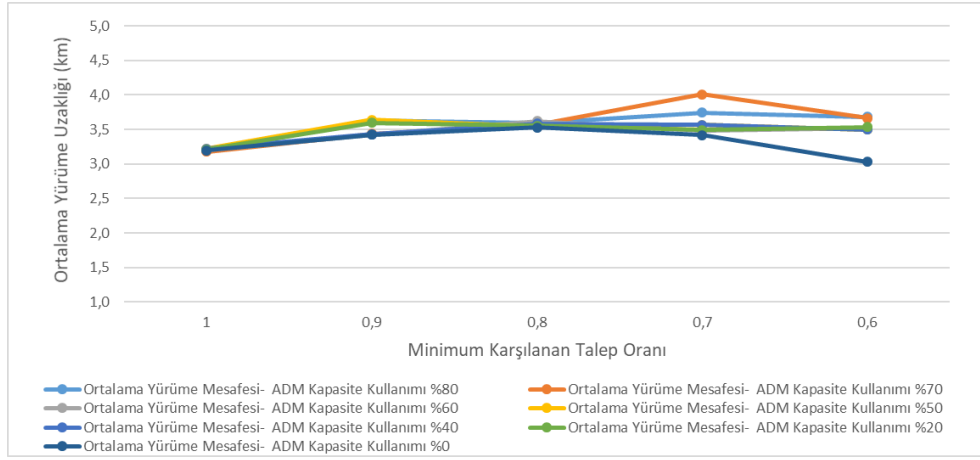
Şekil 6.97'de ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Sadece % 50 ADM kullanım kapasitesi kısıtı her mahalleden %70 talep karşılandığında ortalama DM performans değerinde %1'lik bir artış yaratmaktadır. Bunun haricinde, bu parametredeki değişim, ortalama DM performansı için duyarlı değildir.



Şekil 6.97: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

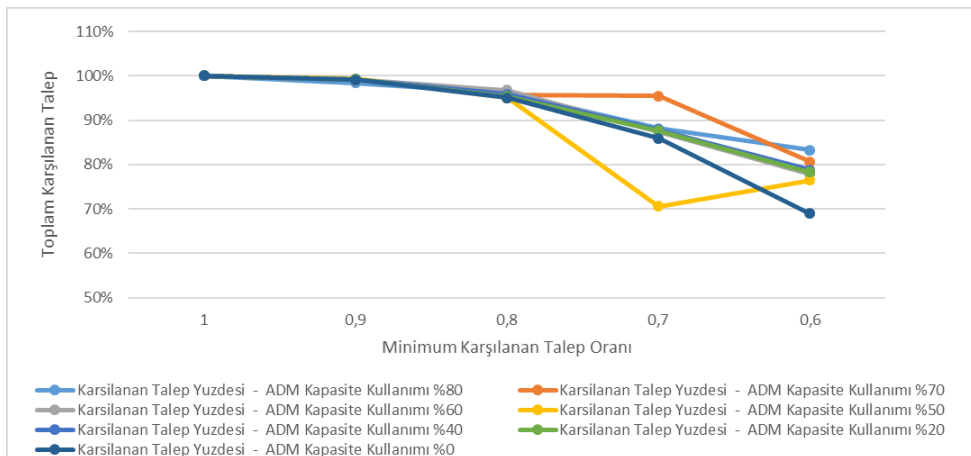
Şekil 6.98'de ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre, her mahalleden en az karşılanması istenen talep oranı %80- %100 arasında iken ilgi parametredeki değişim, ortalama yürüme uzaklığı açısından duyarsızdır. Bununla

birlikte her mahalleden en az %60 ve 70 talep karşılanma durumunda %70 kapasite kısıtı konulan durumda yürüme uzaklığı diğerlerinden daha yüksek sonuç vermektedir.



Şekil 6.98: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama yürüme uzaklığına etkisi.

Şekil 6.99'da ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %80-100 arası talep karşılanma durumunda, yürüme uzaklığında olduğu gibi, toplam karşılanan talep açısından da duyarsız olduğu söylenebilir. Her mahalleden en az %70 talep karşılanması istendiğinde ise ADM kapasitesinin %70 seçilmesi, karşılanan toplam talebi diğerlerine göre arttırmaktadır. Her mahalleden en az % 60 talep karşılanması istendiğinde de küçük değişiklikler olsa da, hiç ADM kapasite kısıtı olmayan durumda karşılanan talep diğerlerine kıyasla daha azdır.



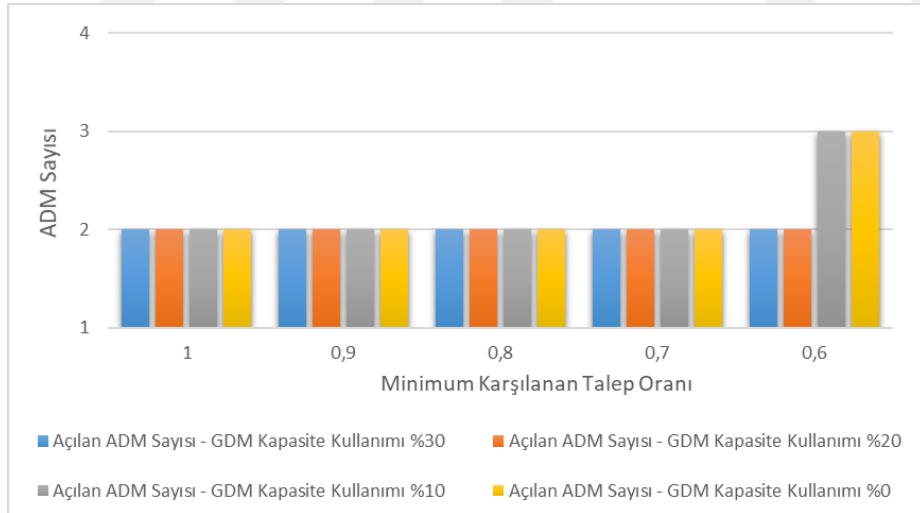
Şekil 6.99: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

Yukarıda verilen veriler birlikte ele alındığında her mahalleden %80 - 90 talep karşılanma durumunda ilgi parametredeki değişimlere duyarsızdır. Her mahalleden

%70 talep karşılanması istendiğinde ise %50 ve 70 kapasite kısıtı tercih edilmemelidir, bunun dışındaki kapasite kullanım oranları için ise model duyarsızdır. Tüm talebin ve her mahalleden en az %60 talep karşılanması istendiğinde ADM açılması için gereken kapasite kullanım oranı %50 tercih edilebilir.

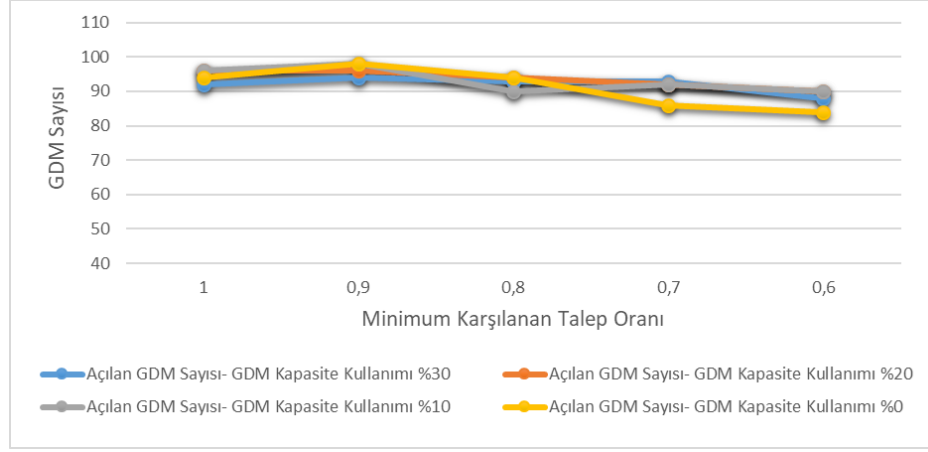
6.2.7 Duyarlılık analizi: Bir GDM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı

Bu bölümde bir GDM'nin açılması için kullanılması gerekli olan minimum kapasite oranı parametresindeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Buna göre açılmasına izin verilen GDM'nin kapasite kullanım oranının hiç olmaması ve en az %30 seçilmesi arasındaki değişimler incelenmiştir. İlgi parametre %40 seçildiğinde model, Avrupa yakası uygulaması için olurlu bir sonuca ulaşamamaktadır. Bu parametredeki değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar sonuçlar Şekil 6.100'de verilmiştir. Buna göre sadece her mahalleden %60 talep karşılanma durumunda 0-%20 kapasite kullanım kısıtında ADM sayısı 1 artmaktadır. Bunun dışında ise açılan ADM sayısı, bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresindeki değişimlere karşı duyarsızdır.



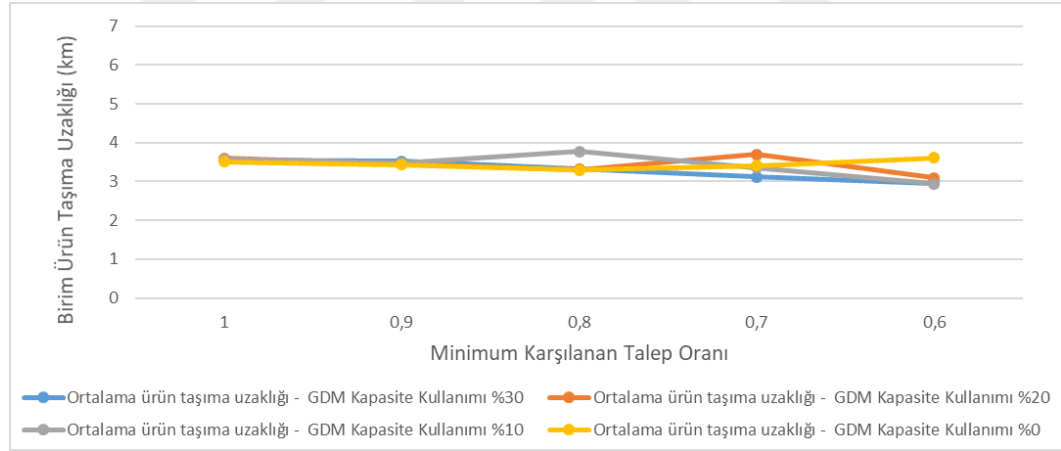
Şekil 6.100: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi.

Şekil 6.101'de bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre açılan ADM sayısı, bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresindeki değişimlere karşı duyarsızdır.



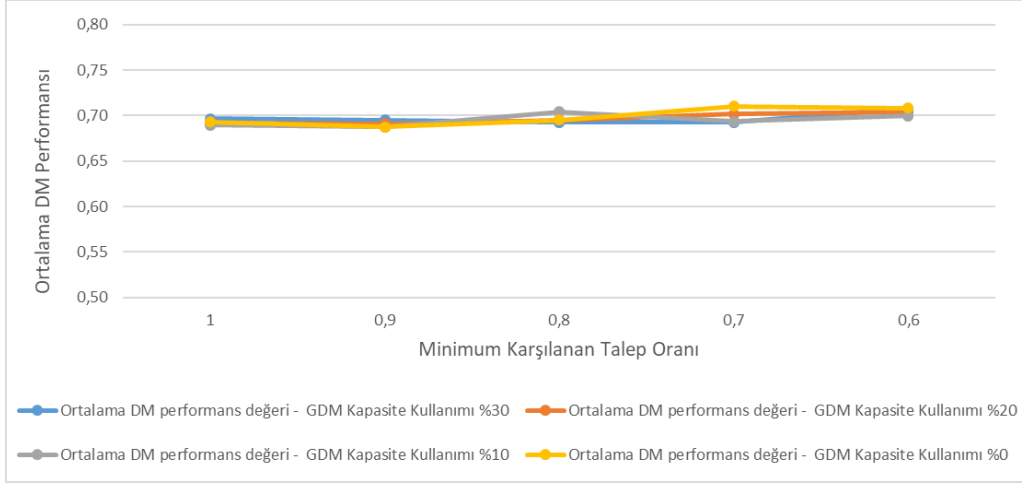
Şekil 6.101: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi.

Şekil 6.102'de bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden %60-80 talep karşılanması istenen durumlarda küçük değişiklikler olsa da ortalama ürün taşıma uzaklığının GDM kapasitesindeki değişimlere karşı duyarsız olduğu söylenebilir.



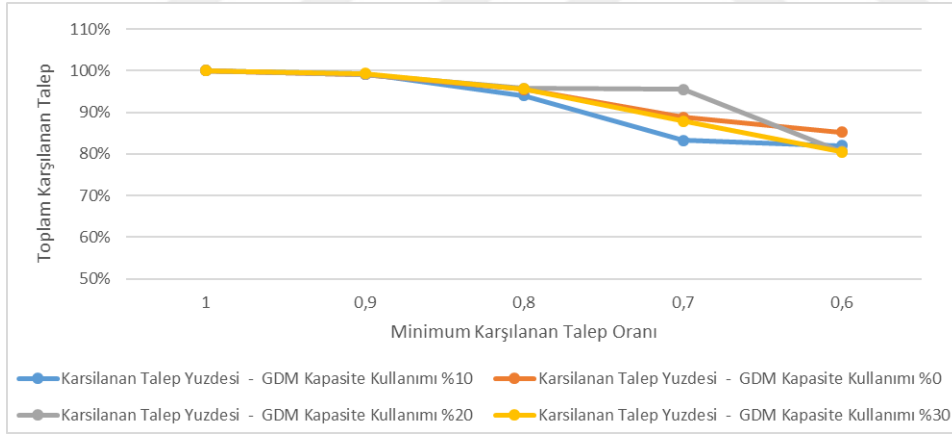
Şekil 6.102: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

Şekil 6.103'te GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre ilgi parametredeki değişim, ortalama DM performansı açısından duyarlı değildir.



Şekil 6.103: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.104'de GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumunda, %20 GDM kapasite kullanım oranı kısıtı diğerlerinden %5 daha fazla talep karşılanmasını sağlamaktadır. Bunun dışında ise ilgi parametredeki değişim, toplam karşılanan talep açısından duyarlı değildir.

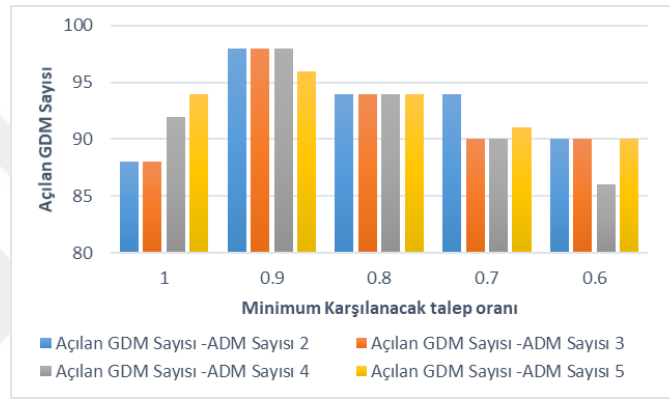


Şekil 6.104: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

Yukarıda verilen veriler birlikte ele alındığında her bölgeden %80 -100 talep karşılama durumunda model, GDM kapasite kullanım oranındaki değişimlere duyarlı değildir. %70 talep karşılama oranı için %20 GDM kapasite kısıtı edilebilir. Her bölgeden en az %60 talep karşılama durumunda ise GDM kapasite kullanım oranı %20 veya 30 seçilebilir.

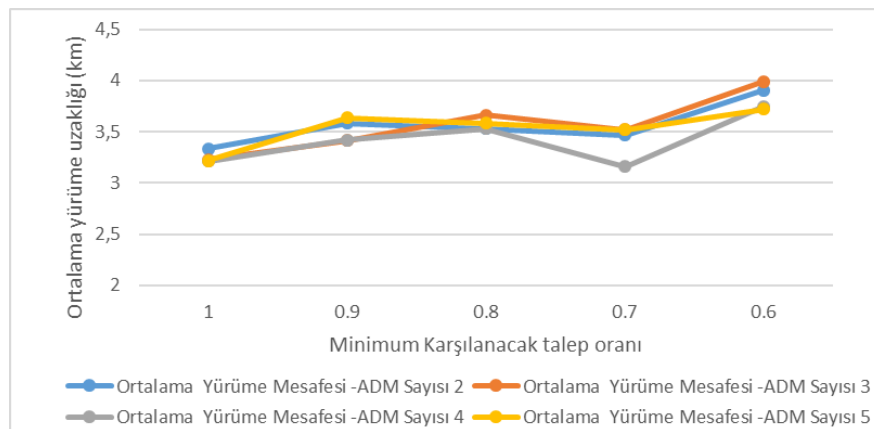
6.2.8 Duyarlılık analizi: ADM sayısındaki değişim

Bu bölümde karar vericinin en fazla açılabilir DM sayısını belirtmesi durumu ile ilgili de analizler yapılmıştır. Bu amaçla en fazla açılabilir ADM sayısı modele kısıt olarak eklendiğinde, minimum karşılanacak talep oranına göre açılan GDM sayıları Şekil 6.105'te verilmiştir. Avrupa yakası uygulamasında her bölgeden en az %70 talep karşılanması istenmesi haricinde, 2 veya 3 adet ADM açılması, GDM sayısı açısından farklılık yaratmamaktadır. Buna göre Avrupa yakası uygulaması için 2 adet ADM açılmasının yeterli olduğu ve açılan ADM sayısı arttığında GDM sayısı açısından bir iyileşme olmadığı görülmektedir.



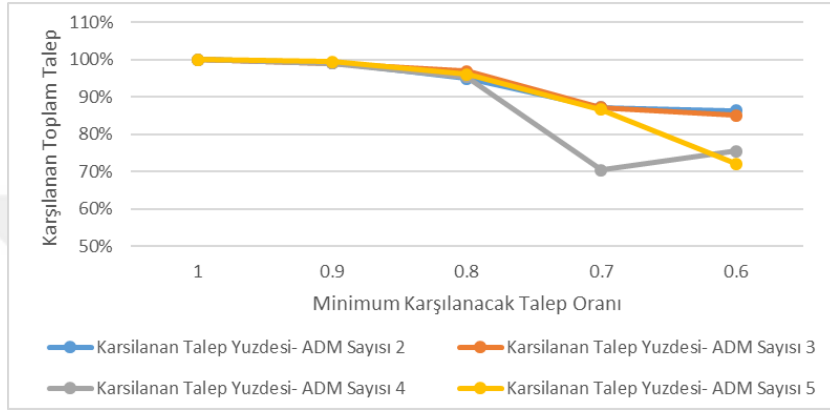
Şekil 6.105: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.

Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi grafiği Şekil 6.106'da verilmiştir. Küçük değişiklikler olmakla birlikte açılan ADM sayısındaki değişimin ortalama yürüme mesafeleri açısından anlamlı bir farklılık oluşturmadığı söylenebilir.



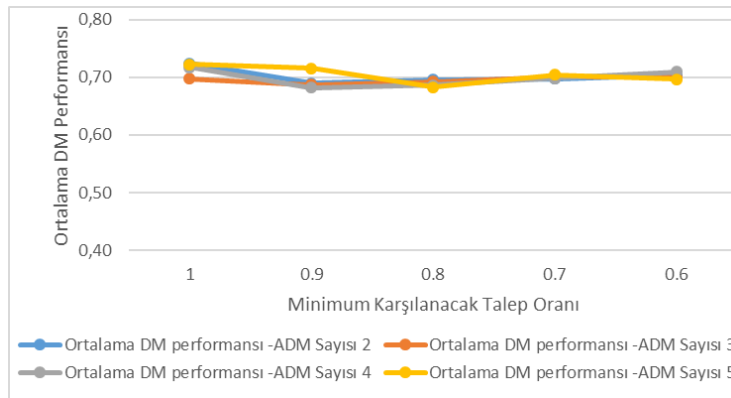
Şekil 6.106: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi.

Şekil 6.107'ye göre karşılanan toplam talep açısından açılan ADM sayılarındaki değişimler her mahalleden en az %80-100 arası talep karşılanması istendiğinde farklılık yaratmamaktadır. Her mahalleden en az %70 talep karşılanması ve 4 adet ADM açılması durumunda azalan GDM sayıları nedeniyle karşılanan toplam talep düşmektedir. Her mahalleden en az %60 talep karşılanması durumunda da 4 ve 5 adet ADM açıldığında azalan GDM sayılarının etkisi ve ortalama ağırlıklı uzaklığı azaltmak için model daha az talep karşılamaktadır.

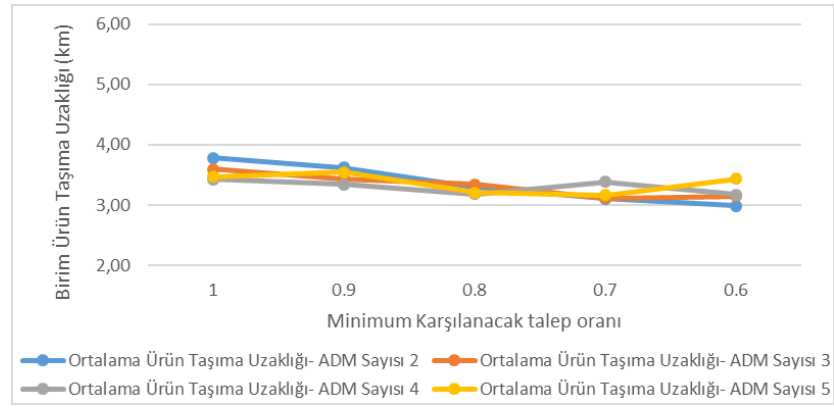


Şekil 6.107: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep oranı.

Şekil 6.108'e göre ortalama DM performansı için ADM sayılarındaki değişimlerin farklılık yaratmadığı söylenebilir. Sadece her talep noktasından en az %90 talep karşılanan ve 5 adet ADM açılan durumda diğerlerine göre küçük bir yükseliş mevcuttur. Yine Şekil 6.109'da da küçük farklılıklar görülse de, genel çerçevede ADM sayılarındaki değişimlerin birim ürün taşıma uzaklığı için farklılık yaratmadığı görülmektedir.



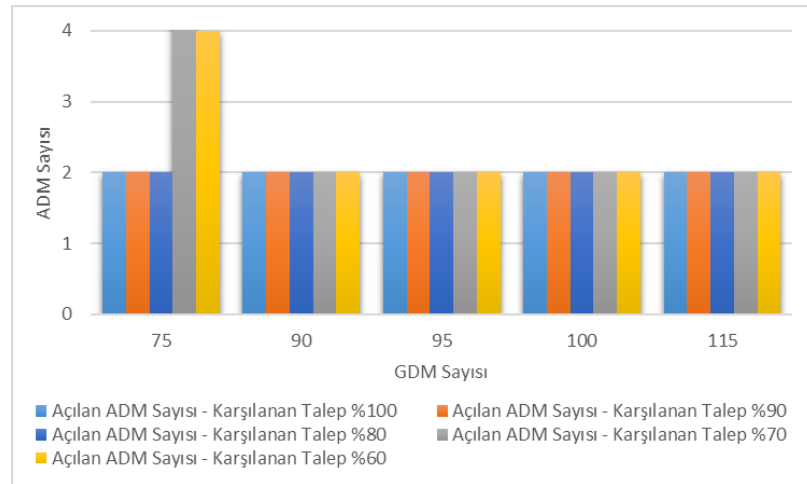
Şekil 6.108: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri.



Şekil 6.109: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı birim ürün taşıma uzaklığı.

6.2.9 Duyarlılık analizi: GDM sayısındaki değişim

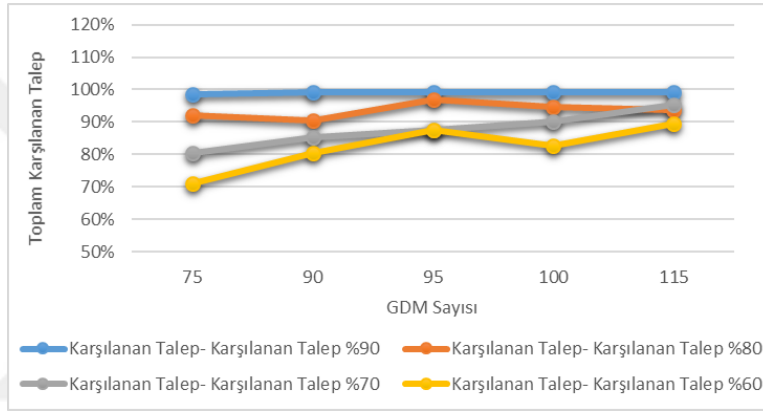
Bu bölümde karar vericinin en fazla açılabilir GDM sayısını belirtmesi durumu ile ilgili analizler yapılmıştır. Bu amaçla GDM sayısı amaçtan çıkarılmış ve modele kısıt olarak en fazla açılabilir GDM sayısı eklenmiştir. Minimum karşılanacak talep oranına ve açılmasına izin verilen GDM sayılarına göre elde edilen ADM sayıları Şekil 6.110’da verilmiştir. Buna göre, açılmasına izin verilen GDM sayısı 90-100 aralığında değişirken açılan ADM sayısı değişmemektedir. 75 GDM açılmasına izin verilen durumda ise her mahalleden en az %70 ve 60 talep karşılanması durumunda diğer durumlardan daha az talep karşılanacağından daha küçük kapasiteli ADM’ler açılmakta ve bu nedenle açılan ADM sayısı 4’e yükselmektedir.



Şekil 6.110: Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.

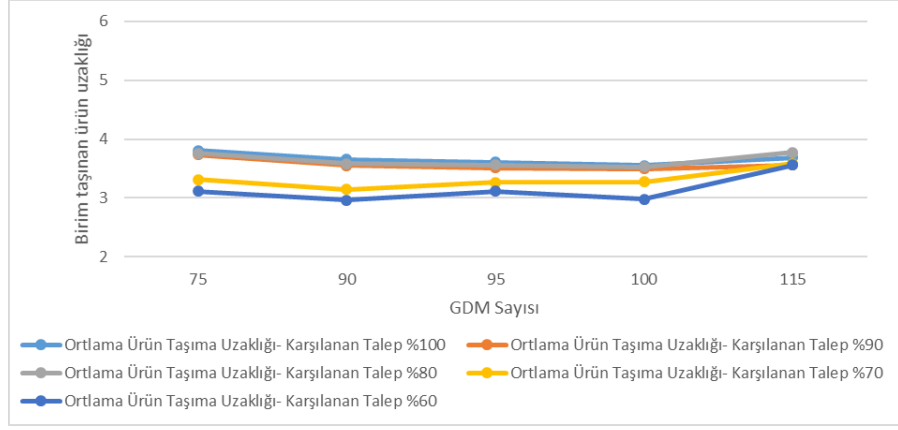
Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her mahalleden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep değişimi Şekil 6.111’de verilmiştir. Her talep

noktasındaki talebin en az %90'ının karşılanması istendiğinde ise açılmasına izin verilen GDM sayısındaki artış karşılanan toplam talep açısından duyarsızdır. Her talep noktasındaki talebin en az %70'inin karşılanması istendiğinde ise toplam karşılanan talep de açılmasına izin verilen GDM sayısı ile birlikte artmaktadır. Bu talep karşılanma değeri 60 olduğunda ise GDM sayısının 100'e yükseltilmesi durumu haricinde, GDM sayısı arttıkça karşılanan toplam talep de sürekli artış göstermektedir. Her talep noktasındaki talebin en az %80'inin karşılanması istendiğinde ise açılmasına izin verilen GDM sayısı 75-90 aralığında iken model toplam talebi değiştirmemektedir. 95 GDM açılması durumunda küçük bir artış olmakla birlikte 100-115 aralığında toplam karşılanan talep değişmemektedir.



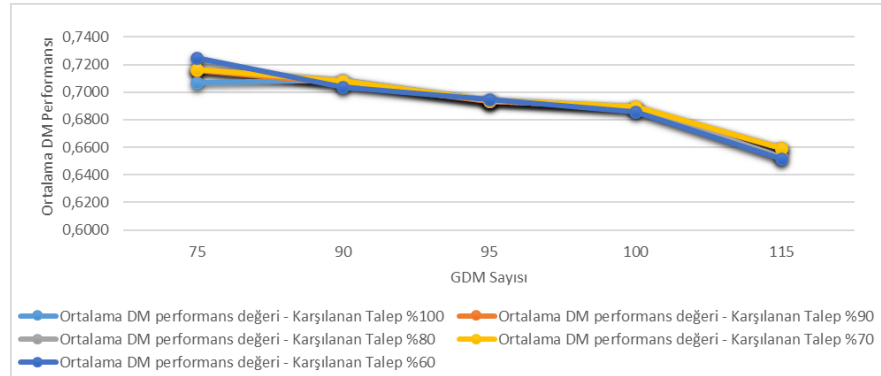
Şekil 6.111: Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep.

Şekil 6.112’de bir ürünün ortalama taşıma uzaklığı verileri verilmiştir. 75–90 GDM aralığında küçük bir azalış yaşanmakla birlikte, 90-100 aralığında GDM açılmasına izin verildiğinde ortalama ürün taşıma uzaklığının aynı kaldığı görülmektedir. Ayrıca 115 GDM açılmasına izin verildiğinde ise her mahalleden en az %80 talep kapsanmasında ufak bir düşüş olurken, %100 ve 90 talep kapsanma durumlarında değişiklik olmamakta; %60 ve 70 talep kapsanması istendiğinde ise ortalama taşıma uzaklığı artmaktadır. Bu artış, Şekil 6.111’de verildiği üzere ilgi parametrelerdeki toplam karşılanan talep artışı ile de uyumludur.



Şekil 6.112: Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama ürün taşıma uzaklığı.

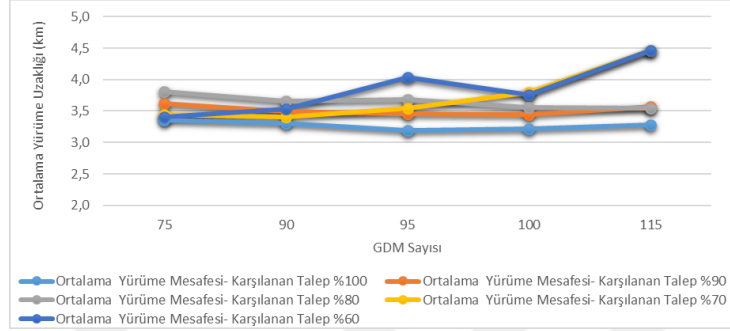
Şekil 6.113'te açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her mahalleden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama DM performans değerleri verilmiştir. GDM sayısındaki artışla birlikte düşük performanslı DM'ler de seçildiğinden ortalama DM performans değeri de grafikte görüldüğü gibi azalmaktadır. Bununla birlikte, ortalama DM performansındaki değişim her bölgeden en az karşılanacak talep karşılanma oranından bağımsızdır ve sadece DM sayısı ile ilişkilidir. GDM sayısının artışıyla DM performans değerlerinde düzenli bir düşüş görülsede izin verilen GDM sayısı 100'den 115'e arttırıldığında ilgi düşüş oranı artmaktadır. Bunun nedeni toplamda 118 aday nokta olan Avrupa yakası senaryosunda, GDM kısıtının gevşemesiyle daha önce tercih edilmeyen en kötü performans değerine sahip DM'lerin de kullanılmasıdır.



Şekil 6.113: Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama DM performans değeri.

Şekil 6.114'de açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama yürüme uzaklığı verilmiştir. Buna göre ortalama yürüme uzaklığı her bölgeden en az %60 ve 70 talep karşılanması istenen durumlarda açılmasına izin verilen GDM sayısındaki değişimlere karşı duyarlıdır ve genellikle

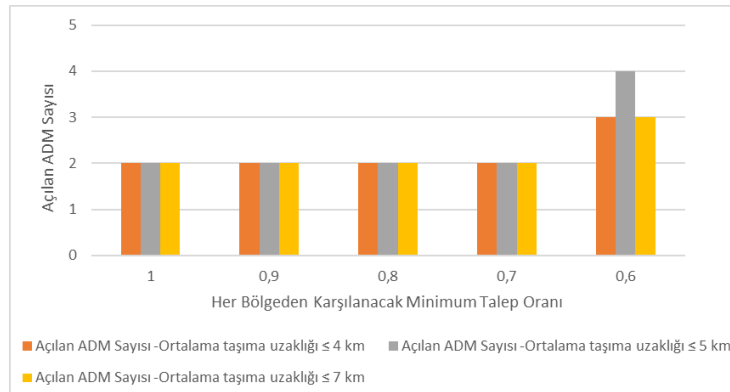
GDM sayısı arttıkça yürüme mesafesi de artmaktadır. Bunun nedeninin GDM sayısının artışıyla toplam karşılanan talebin de artışı olduğu düşünülmektedir. Diğer talep karşılanma senaryolarında ise 75-90 GDM açılması arasında çok küçük bir düşüş olsa da 90-115 aralığında ortalama yürüme uzaklığının GDM sayılarından bağımsız olduğu söylenebilir.



Şekil 6.114: Açılnmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep.

6.2.10 Duyarlılık analizi: Ortalama ürün taşıma uzaklığındaki değişim

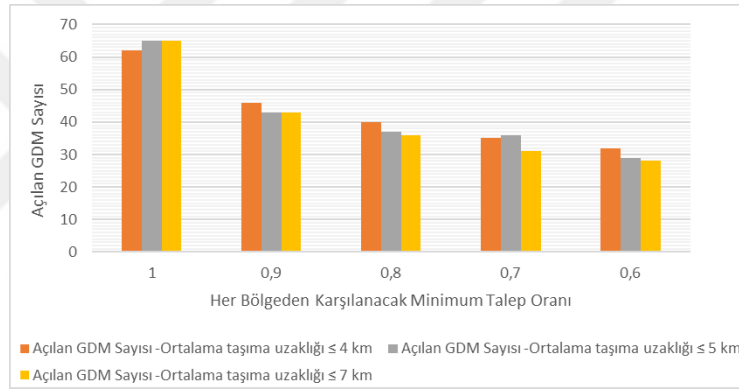
Bu bölümde karar vericinin bir ürünün ADM'den talep noktasına ulaştırılması için izin verilen en yüksek uzaklığın belirtilmesi durumu ile ilgili analizler yapılmıştır. Bu nedenle ağırlıklı uzaklığın minimize edilmesi amaçlardan çıkarılmış ve belirlenen üst limit ile birlikte kısıtlara eklenmiştir. Avrupa yakası uygulaması için ortalama ürün taşıma uzaklığı 3 km ve daha düşük bir değer olması istendiğinde, model her mahalleden en fazla %70 talebi karşılayabilmektedir. Bu nedenle ortalama ürün taşıma uzaklığının 4 ile 7 km arasındaki değişimi incelenmiştir. Bu değişimin ADM sayısında yarattığı değişim Şekil 6.115'te verilmiştir.



Şekil 6.115: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.

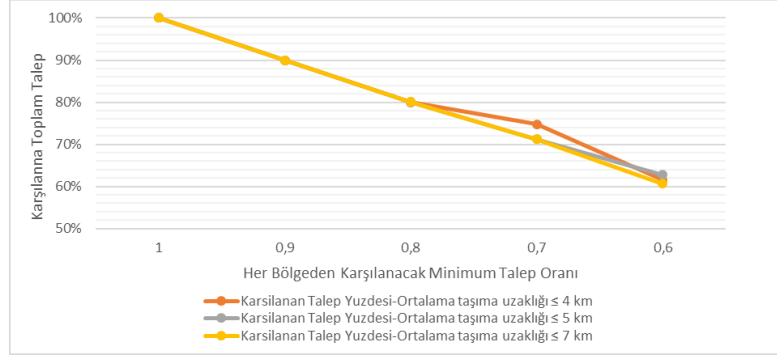
Buna göre, ortalama taşıma uzaklığının değişimi açılan ADM sayısını değiştirmemektedir. Bunun tek istisnası ise her mahalleden en az %60 talep karşılanmak istendiğinde ortalama taşıma uzaklığının 5 km'den küçük tutulmak istenmesidir.

Şekil 6.116'da ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her mahalleden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı verilmiştir. Buna göre tüm talep karşılandığı durumda seçilen taşıma uzaklığı parametresi, sadece 4 km'den az olması istendiğinde GDM sayısında küçük bir düşüş yaratmaktadır. Her mahalleden en az %90, 80 ve 60 talep karşılanma durumunda ise 4 km taşıma mesafesi GDM sayısında küçük bir artışa neden olmaktadır. Her mahalleden en az %90 ve 100 talep karşılanma durumunda 5 ve 7 km aynı sonucu verirken, %70 ve 80 talep karşılama durumunda 5 km GDM sayısını, 7 km'ye göre az da olsa arttırmaktadır.



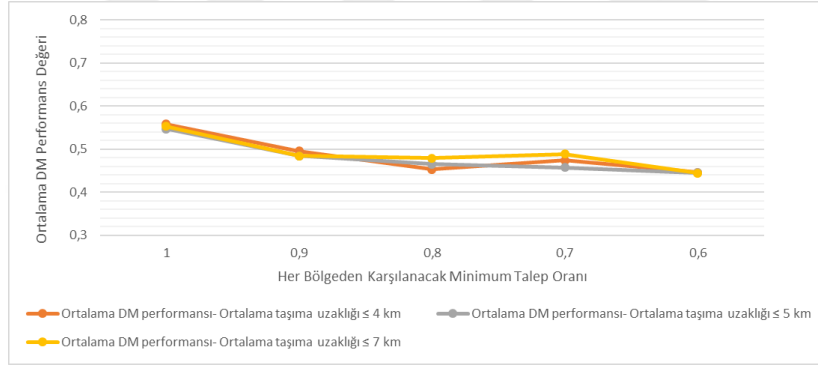
Şekil 6.116: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.

Şekil 6.117'de ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az % 70 talep karşılama senaryolarında 4 km ürün taşıma uzaklığı seçilmesi haricinde, ortalama taşıma uzaklığındaki değişiklikler, karşılanan toplam talebi etkilememektedir. Bahsi geçen istisnai durumda ise ortalama ürün taşıma uzaklığı 4 km iken diğer parametrelere göre daha fazla GDM açılmakta ve de bu nedenle az da olsa daha fazla talep karşılanmaktadır.



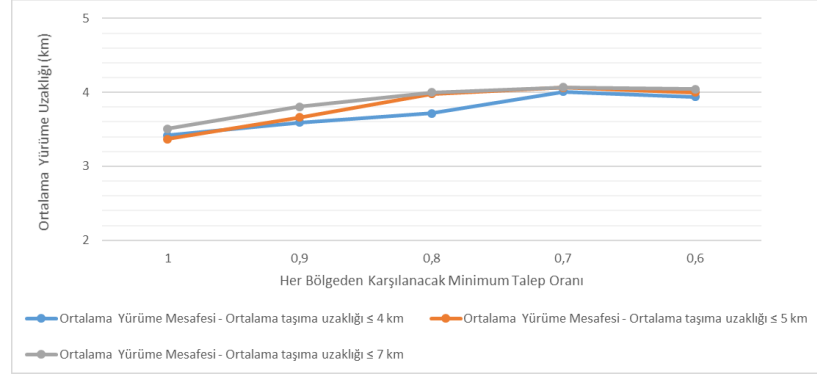
Şekil 6.117: Ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep.

Şekil 6.118’de ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri değişimi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %70 ve 80 talep karşılanma durumlarında küçük değişimler olsa da; ortalama DM performans değerinin ortalama ürün taşıma uzaklığındaki değişimlerden etkilenmediği görülmektedir.



Şekil 6.118: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri değişimi.

Şekil 6.119’da ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi değişimi verilmiştir. Buna göre yürüme mesafesi tüm talebin ve her mahalleden en az %90 talebin karşılandığı senaryoda 7 km ortalama ürün taşıma uzaklığında, diğerlerine göre yüksek değerler elde edilmektedir. Her mahalleden en az %80 talebin karşılandığı senaryoda ise 4 km ortalama ürün taşıma uzaklığında yaklaşık 0,4 km azalmaktadır. Bunun dışında ise ortalama yürüme uzaklığı, ilgi değişiklikler için duyarsızdır.

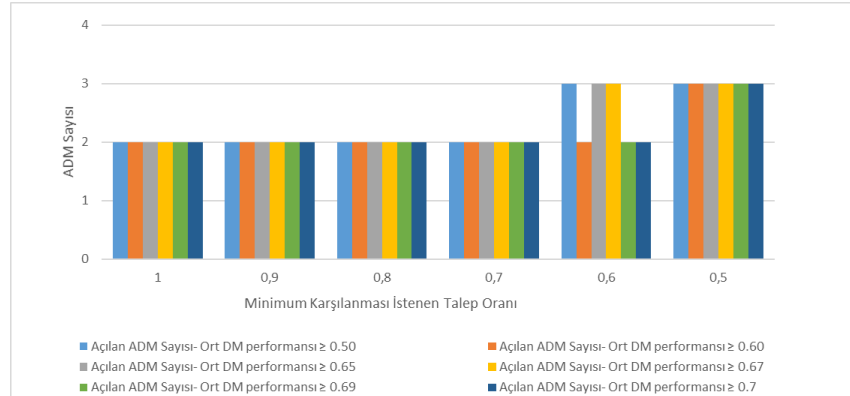


Şekil 6.119: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi değişimi.

Bu bölümde verilen sonuçlar incelendiğinde ortalama ürün mesafesinin Avrupa uygulaması için anlamlı farklılıklar yaratmadığı söylenebilir.

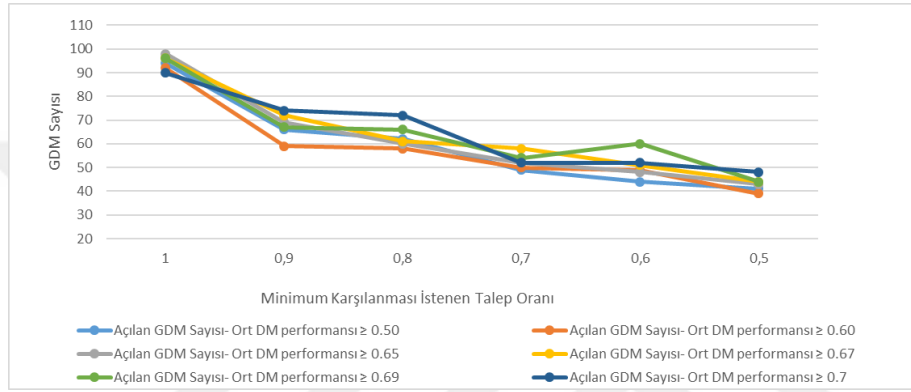
6.2.11 Duyarlılık analizi: Ortalama DM performans değeri

Bu bölümde karar vericinin açılan DM'lerin ortalama performansının belirli bir değerin üzerinde olmasını istediği durum ele alınmıştır. Bu amaçla açılan DM'lerin ağırlığının maksimize edilmesi amacı çıkarılarak, belirlenen bir değerden yüksek olması şeklinde kısıt olarak modele eklenmiştir. Ortalama DM performans değeri 0,75 iken Avrupa yakası uygulamasında tüm talep karşılanamamaktadır. Bu nedenle istenen en az ortalama DM performansının 0,5 – 0,7 arasındaki değişimi incelenmiş ve buna göre oluşan ADM sayısındaki değişim Şekil 6.120'de verilmiştir. Buna göre açılan ADM sayısı, ortalama DM performansındaki değişimlere karşı sadece %60 talep karşılanma durumunda duyarlıdır. Bu aşamada ortalama DM performansı 0,5, 0,65 ve 0,67 seçildiğinde daha küçük kapasiteli ADM'ler açılmakta ve bu nedenle sayı artmaktadır.



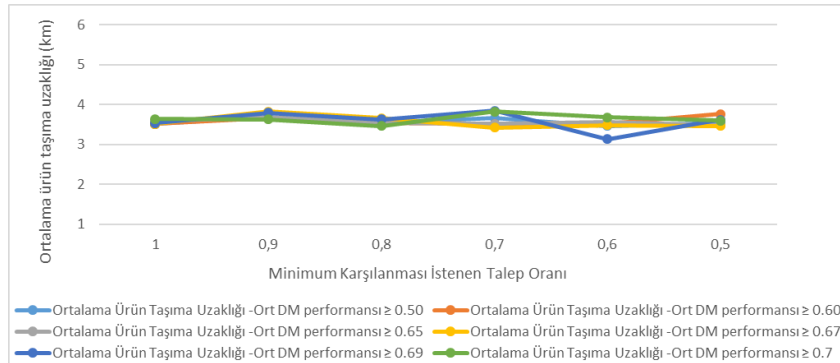
Şekil 6.120: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.

Şekil 6.121’de ortalama DM performans değeri ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %80 ve 100 arasında talep kapsanması istendiğinde, ortalama DM performansının 0,6’dan büyük olması istenen durumda en düşük GDM sayısı elde edilmektedir. Talebin en az %80-90 arası kapsanması istendiğindeyse DM performansının 0,7’den büyük olması istendiğinden en fazla GDM açılmaktadır. Bunun dışında küçük değişimler olmakla birlikte, ortalama DM performansının açılan GDM değiştirdiği söylenemez.



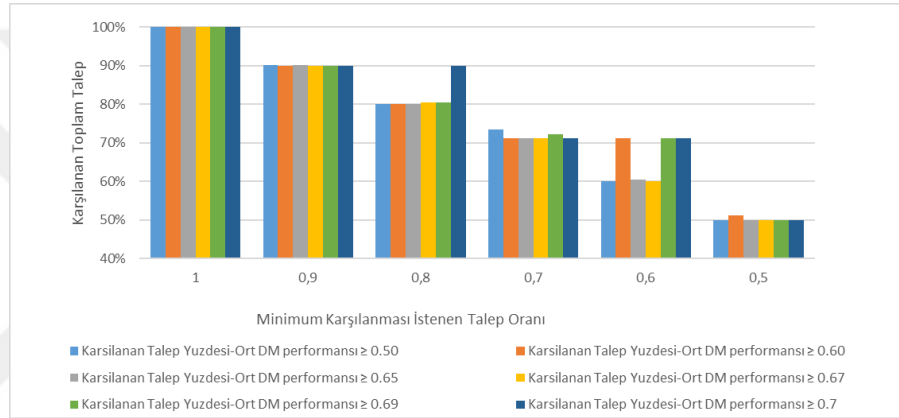
Şekil 6.121: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.

Şekil 6.122’de, her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama ürün taşıma uzaklığı verilmiştir. Her iki durumda da ortalama DM performans değerinin değişiminin sonuçları etkilemediği görülmektedir. Her mahalleden en az %60 talep kapsanması istendiğinde ortalama DM performansının 0,5 iken en düşük değer elde edilmektedir. Bunun dışında küçük dalgalanmalar olmakla birlikte, seçilen ortalama DM performansının ortalama ürün taşıma uzaklığını değiştirdiği söylenemez.



Şekil 6.122: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama ürün taşıma uzaklığı.

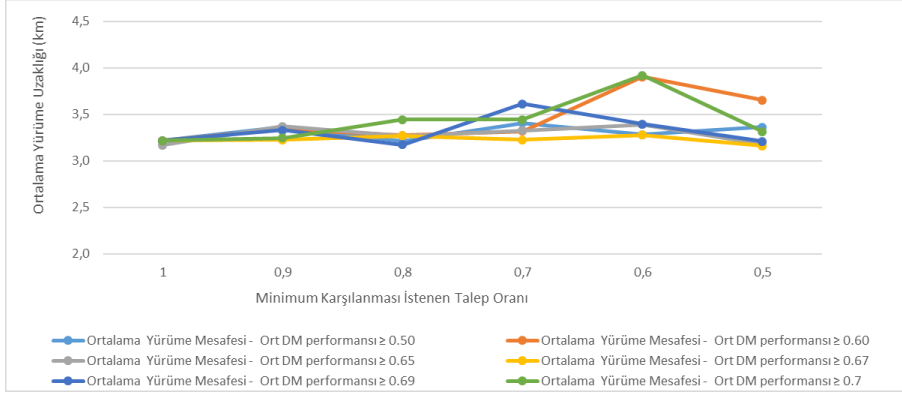
Şekil 6.123'te sırasıyla her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak toplam karşılanan talep verilmiştir. Buna göre her bölgeden en az %90-100 talep kapsanması durumlarında karşılanan toplam talep değişmemektedir. %80 talep karşılanması istendiğinde ise sadece ortalama DM performans değerinin 0,7 seçilmesi karşılanan toplam talebi arttırmakta ve diğer parametrelerden ayrılmaktadır. Bunun haricinde her bölgeden en az %60 talep kapsanması durumunda ilgi DM parametresi 0,6, 0,69 ve 0,7 seçilmesi toplam talebi arttırmaktadır. Bu noktalar ise burada ADM analizinde verildiği üzere, ADM sayısını arttırmayan ve yüksek kapasite kullanmaya devam eden noktalardır. Bahsedilen özellikler haricinde seçilen ortalama DM performansının karşılanan toplam talebi değiştirdiği söylenemez.



Şekil 6.123: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama toplam karşılanan talep.

Şekil 6.124'te her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme uzaklığı verilmiştir. Buna göre yürüme uzaklığı açısından %80 ve altı talep karşılanma senaryoları seçildiğinde ortalama DM performansı yürüme uzaklığına etki ederek arttırmaya başlamaktadır. En yüksek duyarlılık ise %50 ve 60 talep karşılanma durumlarında 0,6 ve 0,7 ortalama DM performans değeri seçilmesiyle elde edilmektedir.

Ortalama DM performans kısıtındaki değişim, model sonuçlarını minimum karşılanması istenen talep oranına bağlı olarak değiştirebilmektedir. Karşılanması istenen talep parametresi özellikle %60 ve 70 iken, model DM performans değerlerini daha fazla dikkate alabilmekte ve bu nedenle incelenen amaçlarda değişim yaratabilmektedir.



Şekil 6.124: Ortalama DM performans parametresi ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme uzaklığı.

6.2.12 Avrupa yakası duyarlılık analizi sonuçları

Bu bölümde önerilen modelin İstanbul Avrupa yakası uygulaması için yapılan analiz sonuçları derlenerek aşağıda verilmiştir.

- Tüm talebin karşılanmasını istendiği durumda İstanbul Avrupa yakası için ortalama yürüme mesafesi parametresi en az 4 km seçilmelidir.
- İstanbul ili Avrupa Yakası uygulaması için ortalama yürüme uzaklığının 4 km seçilmesi ve tüm talebin karşılanmasının en iyi sonucu verdiği görülmektedir. Bununla birlikte karar verici, her mahalleden %70 ve daha düşük talep karşılanmasını istediğinde ortalama yürüme uzaklığı parametresi 3 km olarak seçilmelidir.
- ADM depo olanakları açısından verilen tüm sonuçlar incelendiğinde, İstanbul Avrupa yakası uygulaması için tüm talebin kapsanması durumunda ilgi parametrenin 0,61 seçilmelidir. Bununla birlikte diğer talep karşılama senaryoları için ise 0,7 haricinde, depo olanakları parametresi açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ve istenilen değer seçilebilir. Depo olanakları parametresi arttırılmak isteneceğinden alınabilecek en büyük değer olan 0,63 karar vericiler tarafından tercih edilebilir.
- GDM depo olanakları parametresi, Avrupa uygulaması için; GDM sayısında 12 adet düşüş yarattığından 0,693 tercih edilebilir. Bununla birlikte diğer amaçlardaki istenmeyen durumlar göz önüne alınarak bu parametrenin karar verici tarafından 0,67 olarak kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu sayede hem GDM'lerde yaklaşık % 20 düşüş sağlanacak hem de yürüme ve ortalama ürün

taşıma uzaklığı, ortalama DM performansı gibi amaçlardaki istenmeyen yöndeki artışın da önüne geçilebilecektir.

- Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin Avrupa yakası uygulaması için karar vericiler tarafından 8 km olarak; limana olması istenen maksimum uzaklık ise 9 km olarak seçilmelidir.
- Her mahalleden %80 - 90 talep karşılanma durumunda, ADM kapasite kullanım parametredeki değişimlere karşı duyarsızdır. Her mahalleden %70 talep karşılanması istendiğinde ise %50 ve 70 kapasite kısıtı tercih edilmemelidir, bunun dışındaki kapasite kullanım oranları için ise model duyarsızdır. Tüm talebin ve her mahalleden en az %60 talep karşılanması istendiğinde ADM açılması için gereken kapasite kullanım oranı %50 tercih edilebilir.
- Bir GDM'nin açılması için gerekli olan kapasite kullanım oranındaki değişim Avrupa uygulaması için %80-100 talep karşılanması durumunda anlamlı bir değişiklik yaratmamaktadır. Her bölgeden %70 talep karşılandığında, %20 GDM kapasite kısıtı kullanılabilir. Her bölgeden en az %60 talep karşılama durumunda ise GDM kapasite kullanım oranı %20 veya 30 seçilebilir.
- Avrupa yakası uygulamasında her bölgeden en az %70 talep karşılanması istenmesi haricinde, 2 veya 3 adet ADM açılması, GDM sayısı açısından farklılık yaratmamaktadır. Buna göre Avrupa yakası uygulaması için 2 adet ADM açılmasının yeterli olduğu ve açılan ADM sayısı arttığında GDM sayısı açısından bir iyileşme olmadığı görülmektedir
- Açılmasına izin verilen GDM sayısı 90-100 aralığında değişirken açılan ADM sayısı değişmemektedir. 75 GDM açılmasına izin verilen durumda ise her mahalleden en az %70 ve 60 talep karşılanması durumunda diğer durumlardan daha az talep karşılanacağından daha küçük kapasiteli ADM'ler açılmakta ve bu nedenle açılan ADM sayısı 4'e yükselmektedir. GDM sayısındaki artışla birlikte düşük performanslı DM'ler de seçildiğinden ortalama DM performansı değeri de grafikte görüldüğü gibi azalmaktadır. Bununla birlikte, ortalama DM performansındaki değişim her bölgeden en az karşılanacak talep karşılanma oranından bağımsızdır ve sadece DM sayısı ile ilişkilidir. GDM sayısının

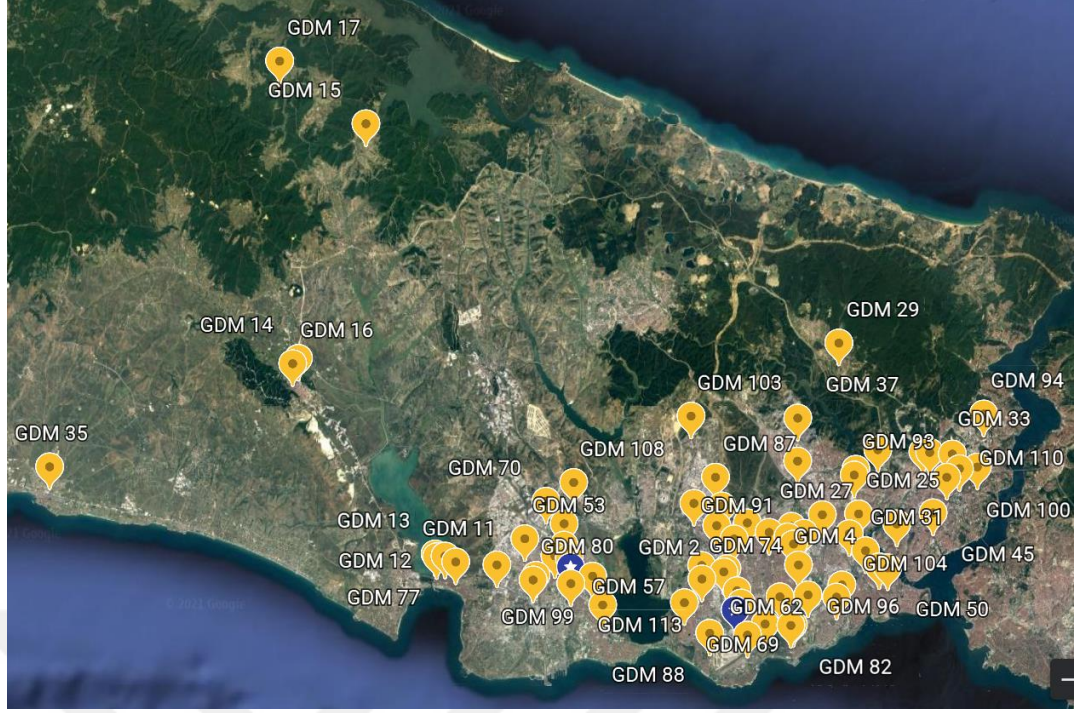
artışıyla DM performans değerlerinde düzenli bir düşüş görülse de izin verilen GDM sayısı 100'den 115'e arttırıldığında ilgi düşüş oranı artmaktadır.

- Ortalama ürün mesafesindeki değişimlerin ise Avrupa uygulaması için anlamlı farklılıklar yaratmadığı söylenebilir.
- Ortalama DM performans kısıtındaki değişim, model sonuçlarını minimum karşılanması istenen talep oranına bağlı olarak değiştirebilmektedir. Karşılanması istenen talep parametresi özellikle %60 ve 70 iken, model DM performans değerlerini daha fazla dikkate alabilmekte ve bu nedenle incelenen amaçlarda değişim yaratabilmektedir.

Bu sonuçlara göre Avrupa yakası uygulamasında tüm talebin kapsanması, ortalama yürüme uzaklığı 4 km, açılan ADM'lerin en az yarısının depo olanakları performans değeri 0,61, açılan GDM'lerin en az yarısının sahip olması istenen depo olanakları parametresi 0,67 seçilmiştir. Bir ADM ve GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresi sırasıyla %50 ve %30; 1 adet ADM'nin limana ve havalimanına olması istenen maksimum uzaklığı sırasıyla 9 ve 8 km alınarak model çözülmüştür ve aşağıda verilen veriler elde edilmiştir.

Çizelge 6.4 : Önerilen parametreler için Avrupa yakası model çözümü.

İncelenen Değer	Model Çözümü
Toplam Ağırlıklı Uzaklık / Ortalama Ürün Taşıma Uzaklığı	11.226.370 ürün.km / 3,7 km
Toplam DM Performans Değeri / Ortalama DM Performans Değeri	47,028 / 0,6355
Toplam Karşılanmayan Talep / Karşılanan Talep Oranı	0 (%100)
Açılan ADM Sayısı	2 (ADM 2,10)
Açılan GDM Sayısı	72
Ortalama Yürüme Uzaklığı	3,345 km



Şekil 6.125 : Avrupa yakası uygulaması sonucu açılan dağıtım merkezleri.

6.3 Senaryo 3: Tüm İstanbul Uygulaması

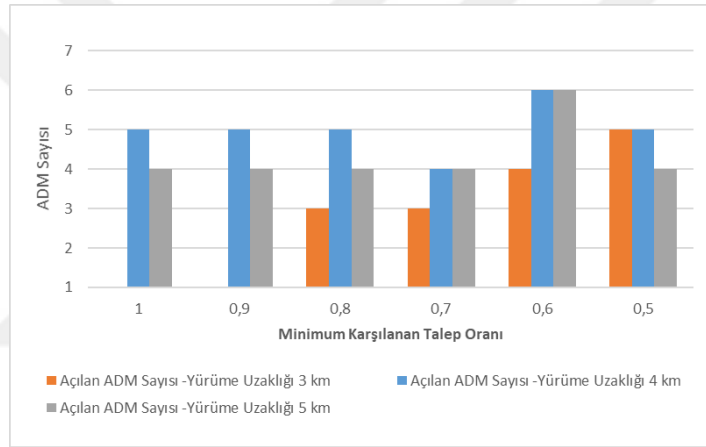
Bu bölümde incelenen senaryoda, meydana gelen deprem sonrası İstanbul ili Avrupa ve Anadolu yakaları arasında bağlantı kuran Fatih Sultan Mehmet, 15 Temmuz, Kanuni Sultan Süleyman köprülerinin ve Avrasya Tüneli'nin meydana gelen depremde kullanılabildiği ve her iki yakada kurulan DM'ler arasında ürün transferinin yapılabildiği kabul edilmiştir.

Bu senaryoda, İstanbul ilinde Anadolu ve Avrupa yakasını kapsayacak şekilde kurulacak ADM ve GDM'ler, toplamda 751 mahalledeki talep noktalarına dağıtım yapabileceklerdir. Bu tez çalışmasında İstanbul ili içerisinde açılacak 27 adet ADM, 180 adet GDM aday noktası belirlenmiştir.

6.3.1 Duyarlılık analizi: Maksimum ortalama yürüme mesafesi ve her talep noktasından karşılanacak minimum talep oranı

Önerilen model İstanbul ili uygulamasında bir afetzedenin en fazla yürümesine izin verilen uzaklık diğer senaryolara benzer şekilde 13 km olarak belirlenmiştir. Daha az seçilmesi durumunda model istenen çözüm aralığında olurlu bir çözüm bulamamaktadır. Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme mesafesi parametrelerine bağlı olarak açılan ADM sayısındaki değişim Şekil 6.126'da

verilmiştir. Buna göre diğer iki senaryoda olduğu gibi ortalama yürüme uzaklığı 3 km olduğunda tüm talep karşılanamamakta, bu ortalama yürüme uzaklığında her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı parametresi en fazla % 80 seçildiğinde model olurlu çözüm vermektedir. Ortalama yürüme uzaklığı parametresi 3 km seçildiğinde, açılan ADM sayısı, sadece her mahalleden karşılanacak en az talep oranı % 50 - 70 aralığında artarken açılan ADM sayıları 1 azalmaktadır; ancak sayı değişse de, açılan ADM'lerin toplam kapasitesi yaklaşık aynıdır. %50 talep karşılama oranında ADM'nin kapasite doluluk kısıtı sağlanamadığından küçük ölçekli DM'lerin açıldığı görülürken, %60 ve 70 talep karşılanma durumlarında ise ADM sayısı azalırken GDM sayısı 28 adet artmıştır. %70 ve 80 talep karşılanma oranlarında ise ADM sayısı değişmemekte ve 2 adet ADM açılmaktadır.



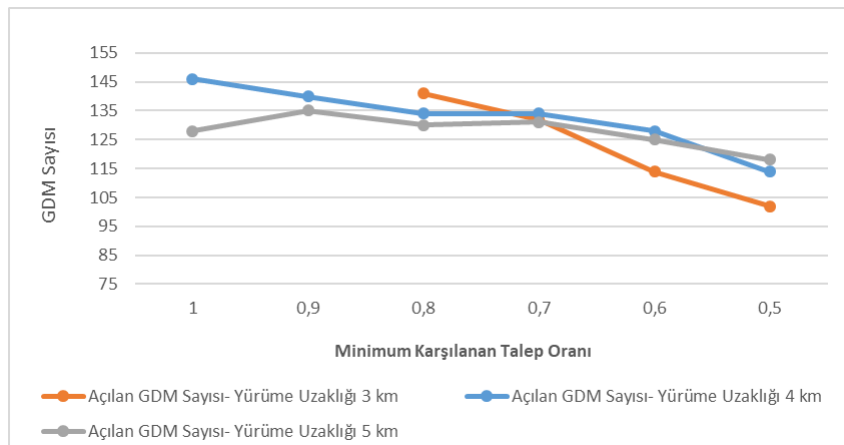
Şekil 6.126: Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak açılan ADM sayısı.

Ortalama yürüme uzaklığı parametresi 4 km seçildiğinde İstanbul ili uygulamasında açılan ADM sayısı, her mahalleden karşılanması istenen talep %50-80 arasında değişirken duyarlıdır. %50-60 arasında beklenildiği üzere karşılanan talep arttıkça ADM sayısı da 1 adet artmıştır. Bununla birlikte %70 talep karşılandığında daha büyük kapasiteli bir ADM açılmış ve sayı 4'e düşmüştür. %80 talep karşılandığında ise bu sayı 1 artmıştır. Ayrıca, karşılanması istenen talep oranı %80-100 arasında değişirken ADM sayısı değişmemektedir. Ortalama yürüme uzaklığı parametresi 5 km'ye arttırıldığında ise ADM sayısı açısından her mahalleden en az %70-%100 talep karşılanması istenen durumlarda değişiklik olmamaktadır. Ortalama yürüme uzaklığı parametresi 5 km seçildiğinde her mahalleden kapsanması istenen talep miktarı %50'ye arttırıldığında ADM sayısının azalmasının nedeni de daha yüksek kapasiteli ADM'lerin açılmasıdır. Her mahalleden karşılanması istenen talep %50- 60 arasında

değişirken, beklenildiği üzere karşılanan talep arttıkça ADM sayısı da artmıştır. Bununla birlikte %70 talep karşılanma durumunda daha büyük kapasiteli bir ADM açılmış ve ADM sayısı 2 azalmıştır. Buna göre ADM sayısı açısından Avrupa yakası uygulaması için her mahalleden en az %90-100 arasında talep kapsanması istendiğinde ortalama yürüme mesafesi 5 km, %60-80 talep kapsanması istendiğinde ise yürüme uzaklığı parametresi 3 km olarak seçilebilir.

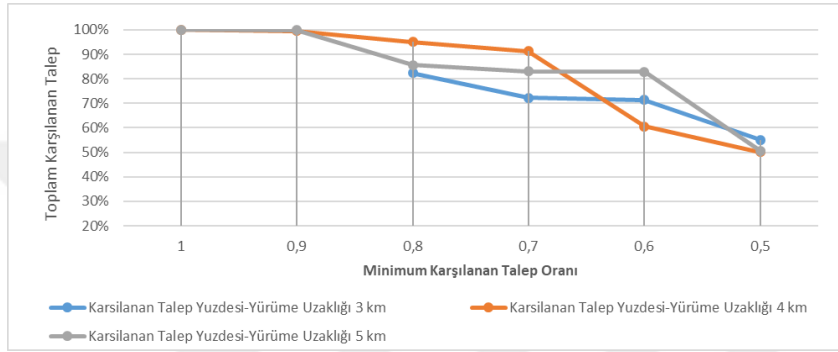
Şekil 6.127’de, her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak açılan GDM sayısındaki değişim verilmiştir. Buna göre, ortalama yürüme uzaklığının 5 ve 4 km seçilmesi, tüm talebin karşılanması durumu haricinde, GDM sayısı açısından yaklaşık aynı sonuçları verdiği söylenebilir. Ayrıca bu parametreler için açılan GDM sayısı en az karşılanacak talep oranının %50 – 90 aralığında artmasıyla artmaktadır. %90-100 için ise açılan GDM sayısı 5 km için azalmaktadır. Ortalama yürüme uzaklığı 3 km seçilmesi, %50-60 talep karşılanma durumlarında diğer parametrelerden ayrılmakta ve daha az sayıda GDM açılmaktadır. % 70 talep karşılanma durumunda ise yürüme uzaklığı parametresi GDM sayısı açısından duyarsızdır.

Buna göre GDM sayısı açısından, İstanbul uygulaması için her mahalleden en az %80-%90 arasında talep kapsanması istendiğinde ortalama yürüme mesafesi 4 km, %50-70 arası talep kapsanması istendiğinde ise yürüme uzaklığı parametresi 3 km olarak seçilebilir. Tüm talebin karşılanması durumunda ise ortalama yürüme uzaklığı 5 km olarak tercih edilebilir.



Şekil 6.127: Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak açılan GDM sayısı.

Şekil 6.128’de her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak toplam karşılanan talep oranları verilmiştir. Minimum karşılanması istenen talep %90-100 arasında iken, ortalama yürüme mesafesi 4 ve 5 km seçildiğinde yaklaşık aynı sonuçlar elde edilmektedir. Ortalama yürüme mesafesi parametresi %50 talep karşılama durumunda toplam karşılanan talep açısından duyarsızken, %60-80 talep karşılanma durumları için yaklaşık %10’luk fark yaratmaktadır. Bunun sebebi ise açılan DM’lerin sayısındaki ve kapasitesindeki değişimlerdir.

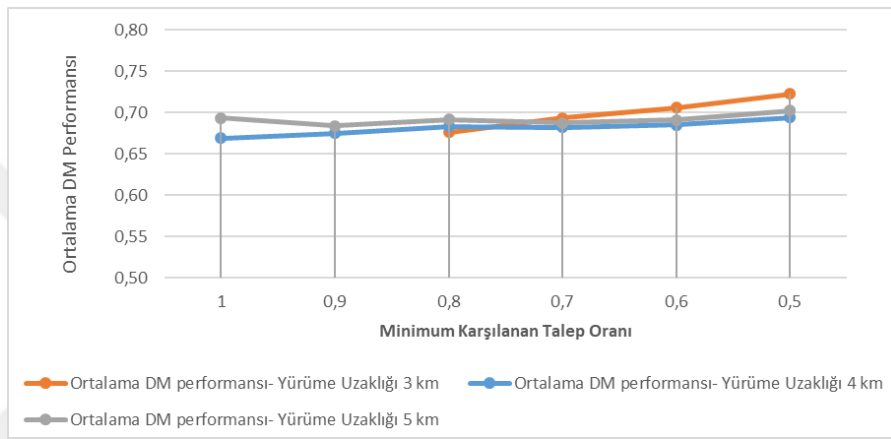


Şekil 6.128: Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak toplam karşılanan talep.

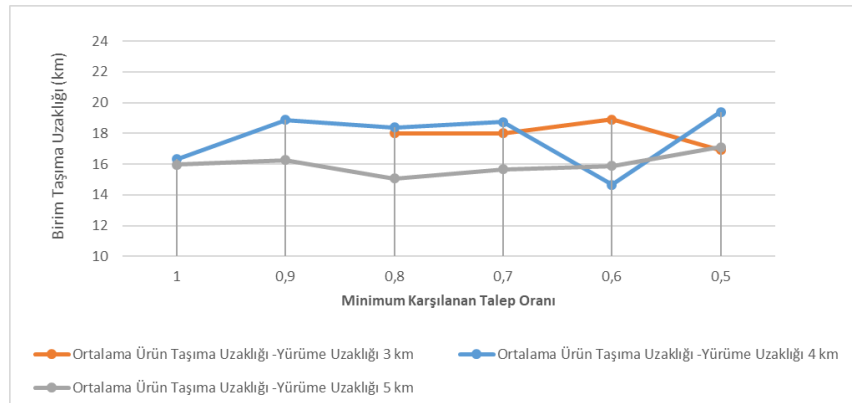
Şekil 6.129 incelendiğinde ortalama DM performansının, ortalama yürüme uzaklığı parametresinin 4 veya 5 km olarak seçilmesine karşı duyarsız olduğu söylenebilir. Sadece tüm talebin karşılandığı durumda 5 km daha iyi sonuç vermektedir. Ortalama yürüme uzaklığı 3 km seçildiğinde ise %50-80 talep karşılanma oranındaki artışla birlikte ortalama DM performansı da doğru orantılı olarak azalmaktadır. Bununla birlikte %50 ve talep karşılama durumunda diğer yürüme uzaklığı parametrelerinden daha iyi sonuç verirken, 70 ve 80 için diğerleri ile yaklaşık aynı sonucu verdiği söylenebilir. Bu nedenle %50-80 talep karşılandığında 3 km yürüme uzaklığının, diğer durumlarda ise 4 km ortalama yürüme uzaklığının açılması gerektiği söylenebilir. Ayrıca her bölgeden karşılanacak minimum talep oranı parametresi arttıkça, genel olarak model çözümü sonucu elde edilen ortalama DM performans değerlerinin azaldığı söylenebilir. Bunun nedeni modelin daha çok kısıtlanarak çok da tercih edilmeyen DM’lerin de açılmaya başlanmasıdır.

Şekil 6.130’ta bir ürünün ADM ve talep noktası arası ortalama ürün taşıma mesafesi, her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı olarak verilmiştir. Burada da 3 ve 4 km ortalama yürüme

mesafesi her mahalleden en az %70 ve 80 talep karşılama durumunda yaklaşık aynı sonucu vermektedir. Tüm talebin karşılandığı durumda da ortalama yürüme uzaklığı parametresi 4 ve 5 km için duyarsızdır. Bununla birlikte her mahalleden karşılanması istenen minimum talep oranı en az %70-90 arasında iken ortalama yürüme uzaklığı 5 km seçildiğinde yaklaşık 2 km daha düşük taşıma uzaklıkları oluşmaktadır. Her mahalleden karşılanması istenen minimum talep oranı en az %60 iken ortalama yürüme uzaklığı 4 km seçildiğinde, en düşük ortalama taşıma uzaklığı elde edilmektedir. Bu nokta, bu parametredeki en yüksek ADM noktasının açıldığı senaryoya karşılık gelmektedir.



Şekil 6.129: Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı ortalama DM performans değeri.

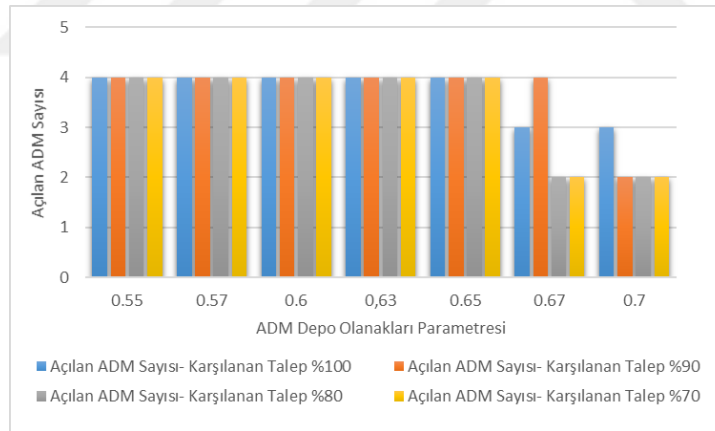


Şekil 6.130: Her bölgeden karşılanacak en az talep oranı ve ortalama yürüme uzaklığı parametrelerine bağlı ortalama ürün taşıma uzaklığı.

Buna göre İstanbul ili uygulaması için ortalama yürüme uzaklığının tüm talebin karşılanması istenen durumda ortalama yürüme uzaklığının 5 km seçilmesi en iyi sonucu vermektedir. Bununla birlikte tüm sonuçlar değerlendirildiğinde ortalama yürüme uzaklığının 5 km seçilmesi ve tüm talebin karşılanması ile en iyi sonucu verdiği görülmektedir.

6.3.2 Duyarlılık analizi: ADM depo olanakları parametresi

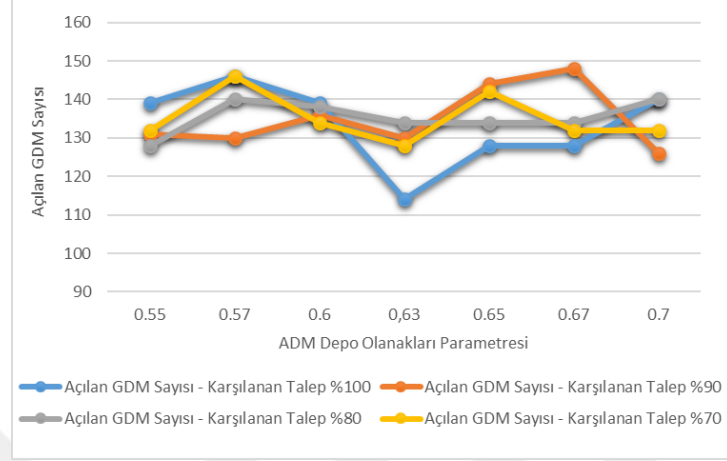
Önerilen matematiksel modelde açılan ADM'lerin yarısının “depo olanakları” performans değerinin en az karar verici tarafından belirlenen bir değer olması istenmektedir. Bu nedenle bu bölümde bu parametredeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. İstanbul uygulaması aday ADM'lerin depo olanakları performans değerlerinin medyanı 0,618'dir. ADM depo olanakları kriteri 0,7'nin üzerinde olan iki adet ADM aday noktası bulunurken, 27 adet aday ADM'nin 2 tanesinin ilgi performans değeri de 0,55'in altındadır. Bu nedenle ilgi parametrenin 0,55 – 0,7 arasındaki değişiminin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar incelenerek elde edilen sonuçlar Şekil 6.131'de verilmiştir. Buna göre ilgi parametrenin 0,55 – 0,65 arasında incelendiği her durumda 4 adet ADM açılmıştır. İlgi parametrenin 0,67'ye artırılması ise %90 talep karşılanma durumu hariç tüm senaryolar için düşüş sağlamıştır. %90 talep karşılanma durumunda ise ADM sayısı ilgi parametre 0,7'e arttırıldığında azalış yaşanmaktadır. Buna göre ADM sayısı açısından ilgi parametredeki değişimlere en az duyarlı olunan durum tüm talebin karşılanmasıdır.



Şekil 6.131: ADM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.

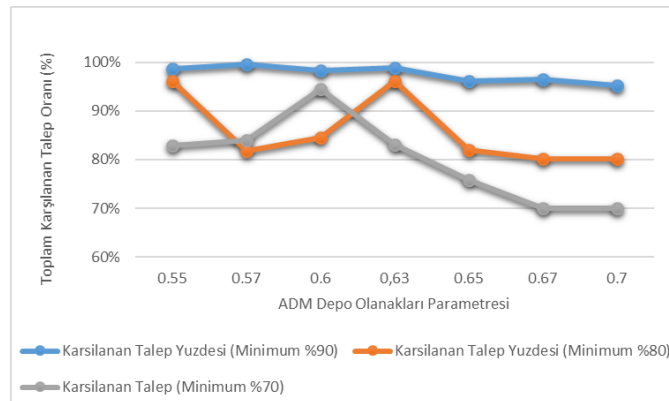
Şekil 6.132'de ise ADM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre açılan GDM sayıları, ADM depo olanakları parametresinin değişimlerine karşı duyarlıdır. Buna göre tüm talebin karşılanması istendiğinde ADM depo olanakları parametresinin 0,63 ve üstünde bir değer seçilmesi GDM sayısı açısından daha olumlu sonuç vermektedir. Ayrıca, 0,57- 0,63 aralığında arttırılan parametrenin GDM sayılarını düşürdüğü gözlenirken, 0,63-0,65 aralığında ise arttırmaktadır. Ayrıca 0,67'den 0,7'ye çıkarıldığında %80 ve %100 talep karşılanma

durumlarında GDM sayısı artarken, %90 talep karşılamada keskin bir düşüş görülmektedir. Bu nokta ayrıca %90 talep karşılama durumunda ADM sayısının azaldığı noktaya karşılık gelmektedir.



Şekil 6.132: ADM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.

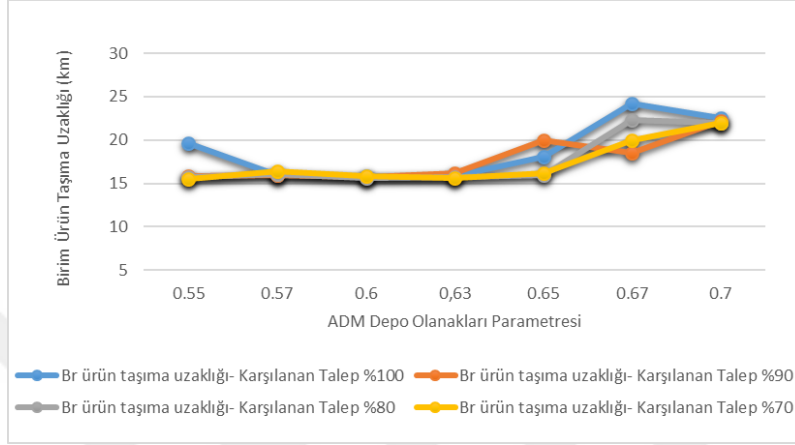
Şekil 6.133'te ADM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talebe etkisini gösteren grafik verilmiştir. Buna göre %90 talep karşılama durumu genel olarak ilgi parametreden çok etkilenmese de, bu parametre 0,65'e arttırıldığında küçük bir düşüş yaşanmaktadır. Bununla birlikte model, her bölgeden en az % 80 ve 70 talep karşılandığında 0,55 – 0,67 aralığındaki parametre değişimlerinden etkilenirken 0,67 – 0,7 aralığındaki değişimine karşı ise duyarsızdır. Bununla birlikte %70 talep karşılandığında ilgi parametrenin 0,6-0,67 arasındaki artışında toplam karşılanan talep de düzenli olarak azalmaktadır.



Şekil 6.133: ADM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

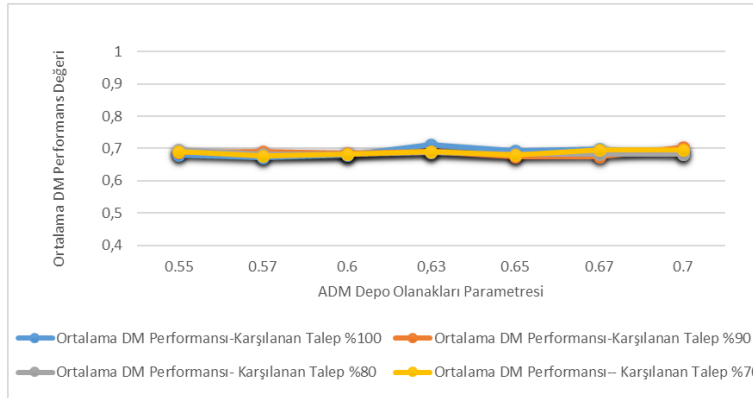
Şekil 6.134, ADM depo olanakları parametresinin bir birim ürünün taşınması için kat edilen ortalama uzaklığa etkisini göstermektedir. Buna göre ilgi parametrenin 0,55-0,63 arasındaki değişimi ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından duyarsızdır. 0,63-

0,7 arasındaki değişimlerinde ise ortalama 5 km artmaktadır. Bununla birlikte, ilgi parametredeki değişime en duyarlı nokta tüm talebin 0,65'ten 0,67'ye yükseltilmesidir. Bu nokta ayrıca ADM sayısındaki değişimin de yaşandığı noktadır. Ayrıca üst değer olan 0,7'de yine tüm talep karşılanma durumlarında yaklaşık aynı uzaklık elde edilmiştir.



Şekil 6.134: ADM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

Şekil 6.135'te ADM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi incelenmiş ve bu parametrenin değişimlerine karşı duyarsız olduğu görülmüştür.



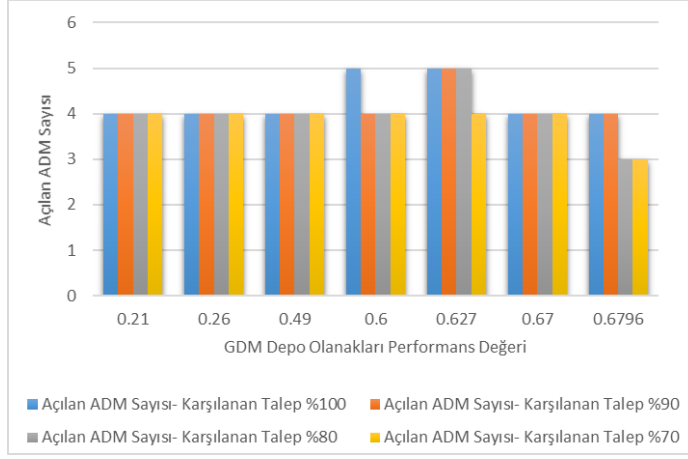
Şekil 6.135: ADM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

ADM depo olanakları açısından verilen tüm sonuçlar incelendiğinde, İstanbul uygulaması için tüm talebin kapsanması durumunda ilgi parametrenin 0,63 seçilmesi önerilebilir. Bununla birlikte DM sayıları açısından %70 ve 80 talep karşılama senaryoları için 0,67; %90 talep karşılandığında ise 0,7 seçilmesi karar vericiler tarafından tercih edilebilir.

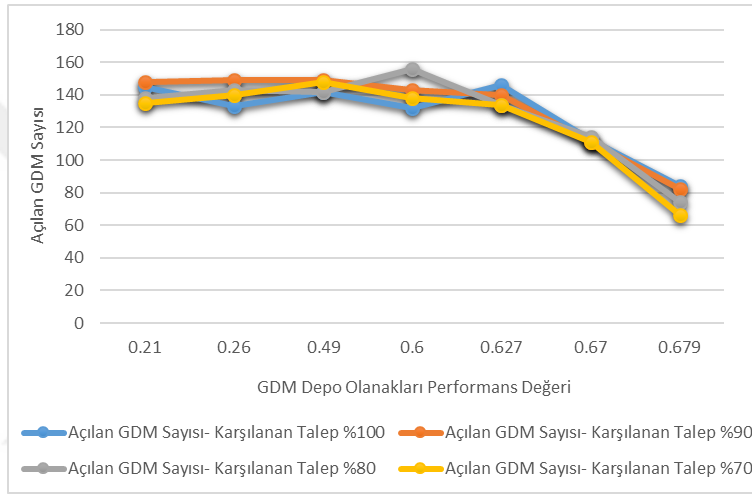
6.3.3 Duyarlılık analizi: GDM depo olanakları parametresi

Önerilen matematiksel modelde açılan GDM'lerin yarısının “depo olanakları” performans değerinin en az karar verici tarafından belirlenen bir değer olması istenmektedir. Bu nedenle bu bölümde bu parametredeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. İstanbul uygulaması için belirlenen aday GDM'lerin depo olanakları performans değerleri 0,2 – 0,82 aralığındadır. Ayrıca model, ilgi parametre 0,7 seçildiğinde olurlu bir çözüm bulamamaktadır. Bu nedenlerle ilgi parametre 0,21 – 0,6796 aralığında arttırılmış ve bu değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar incelenerek sonuçlar Şekil 6.136'da verilmiştir. Model ile, her mahalleden en az %70 talep karşılandığında, sadece ilgi parametrenin 0,6796'ya yükseltilmesi ile açılan ADM sayısı 1 azalmaktadır. Bunun dışındaki değişimlere ise duyarsızdır. Tüm talebin karşılanması durumunda ise sadece ilgi parametre 0,6 ve 0,627 seçildiğinde ADM sayısı 1 artmaktadır; bunun dışındaki değişimlere karşı duyarsızdır. Her mahalleden en az %70-90 arası talep karşılandığı durumda da ilgi parametrenin 0,627'ye yükseltilmesi ile açılan ADM sayısı artmaktadır. Bunun nedeni ilgi parametre artışını sağlamak için modelin daha fazla ADM seçmesidir. Bununla birlikte istenen GDM parametre değeri 0,67'ye yükseltildiğinde model DM sayısını arttırmakla ilgi değere ulaşamadığından açılan DM sayısını azaltmıştır. Aynı sebeple de ilgi parametre 0,6796'ya düştüğünde, diğerlerine göre daha az kapasite ile yetinebilen %70 ve 80 talep karşılanma durumlarında ADM sayısı 3'e düşmüştür. Buna göre İstanbul ili uygulaması ADM sayısı açısından, tüm talep karşılanma senaryolarında GDM ofis olanakları performans değerinin 0,6793 olması istenebilir.

Şekil 6.137'de ise GDM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre, bu parametrenin 0,21-0,627 arasındaki değişimi GDM sayısı açısından yaklaşık olarak aynı sonucu vermekte; ancak ilgi parametrenin 0,627 – 0,6796 aralığında artması açılan GDM sayısını azaltmaktadır. Her iki artış da GDM sayısında yüksek düşüş sağlasa da; 0,67'den 0,6796'ya arttırılan parametre değerinde GDM sayısı yaklaşık %35 azalmakta olup model en yüksek duyarlılığı bu değişimle göstermektedir. Özetle, açılan GDM sayısı açısından GDM depo olanakları parametresi 0,679 seçilmelidir.



Şekil 6.136: GDM depo olanakları parametresinin açılan ADM sayısına etkisi.

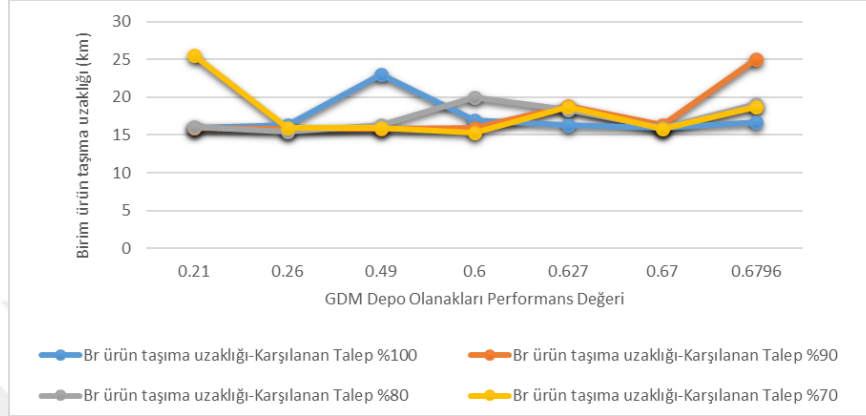


Şekil 6.137 : GDM depo olanakları parametresinin açılan GDM sayısına etkisi.

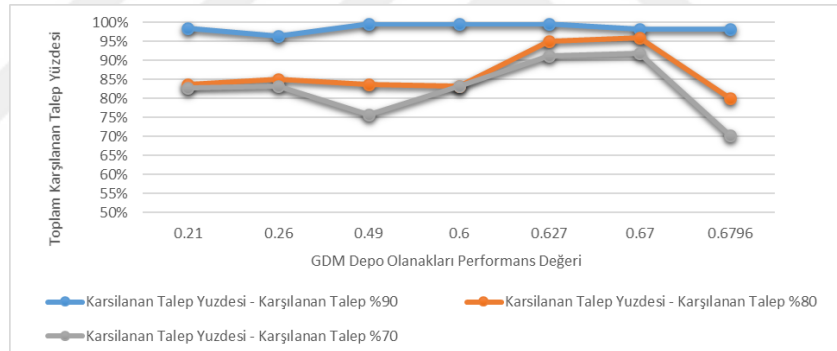
Şekil 6.138’te ilgi parametrenin birim ürün taşıma uzaklığına olan etkisi verilmiştir. Buna göre, bu parametrenin farklı değerlerinde talep karşılanma durumunda göre farklı sonuçlar elde edilse de 0,67 noktasında tüm senaryolar için aynı taşıma uzaklığı elde edilmektedir. Bununla birlikte parametrenin 0,67’den 0,6796’a artışla birlikte %90 talep karşılama durumunda ortalama ürün taşıma uzaklığı yaklaşık 10 km atmaktadır. Bu nedenle ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından, %90 talep karşılama durumunda incelenen parametrenin 0,67 olarak; diğer durumlar içinse 0,6796 seçilmesi tercih edilebilir.

Şekil 6.139’da ise GDM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talep miktarına etkisi verilmiştir. İncelenen parametrenin değişimlerine karşı en duyarlı olunan talep karşılanma durumu her mahalleden en az %70 ve 80’inin karşılanmasıdır; her iki talep karşılama oranı da benzer değişim göstermektedir. Her iki talep karşılama oranı için 0,67 – 0,693 arasındaki parametre artışı ile toplam karşılanan talepte

yaklaşık %15 düşüş görülmektedir. Bunun nedeni ise, bu oranlarda azalan GDM sayılarıdır. %90 talep karşılama durumunun ise toplam karşılanan talep açısından ilgi parametredeki değişimlere duyarsız olduğu söylenebilir. Buna göre toplam karşılanan talep açısından %90 talep karşılama durumunda incelenen parametrenin 0,6796 olarak, diğer durumlar içinse 0,67 seçilmesi tercih edilebilir.

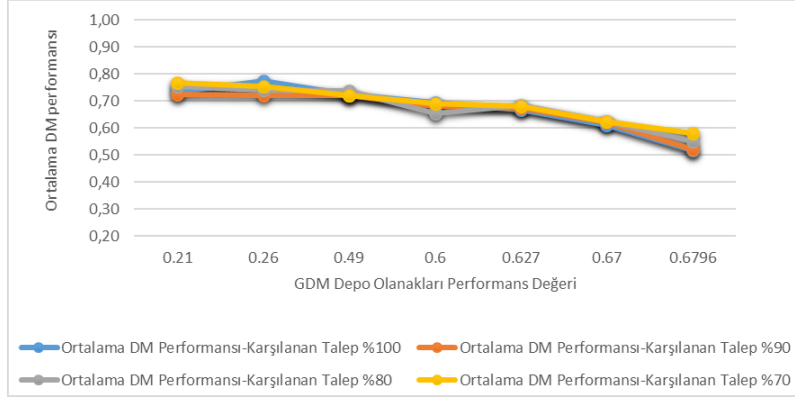


Şekil 6.138: GDM depo olanakları parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.



Şekil 6.139: GDM depo olanakları parametresinin toplam karşılanan talep miktarına etkisi.

Şekil 6.140'ta GDM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre 0,21-0,49 ortalama DM performans değeri yaklaşık aynı iken, bu parametrenin 0,49 – 0,6796 arasındaki değişimi ortalama DM performansını azaltmaktadır. Özellikle ilgi parametrenin 0,67 ve 0,6796'ya yükseltilmesi ile her parametre artışında yaklaşık ortalama DM performans değerinde %10'luk bir düşüş yaşanmaktadır. Bunun nedeni, depo olanakları performans değeri yüksek olsa da, alışveriş merkezi gibi maliyet kriteri nedeniyle toplam performans puanı düşük olan DM'lerin açılmasıdır. Bu nedenle ortalama DM performansı açısından GDM depo olanakları parametresi 0,627 olarak tercih edilebilir.



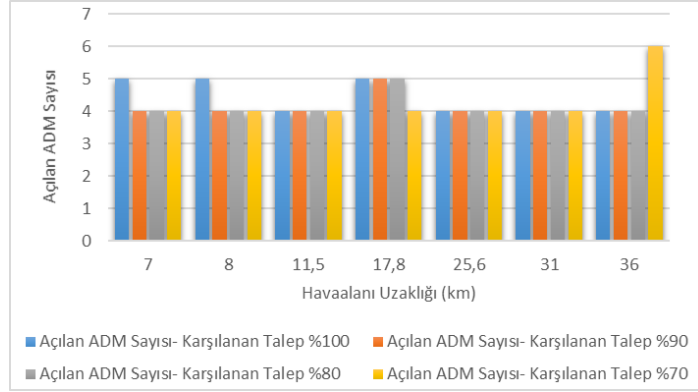
Şekil 6.140: GDM depo olanakları parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

Yukarıdaki elde edilen sonuçlar ışığında, genel olarak ilgi parametrenin 0,67 seçilmesi tüm amaçlar açısından iyi sonuç vermektedir. Bununla birlikte GDM depo olanakları parametresi; GDM sayısında yaklaşık %35 düşüş yarattığından 0,6793 tercih edilebilir. Bununla birlikte bu parametrenin talep karşılama oranları açısından ortalama ürün taşıma uzaklığında ve ortalama DM performans değerinde yarattığı değişimler göz önünde bulundurulmalıdır.

6.3.4 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM'nin havaalanı uzaklık parametresi

Önerilen matematiksel modelde açılan ADM'lerin en az bir tanesinin havaalanına olan uzaklığının en fazla karar verici tarafından belirlenen bir değer kadar olması istenmektedir. Bu bölümde, bu parametredeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Buna göre, açılan en azından bir ADM'nin havaalanına olan uzaklığının 7 ve 36 km'den az olması durumu incelenmiştir. Bu aralık İstanbul uygulamasında seçilen ADM'lerin kendilerine atanan havaalanına olan uzaklık aralığına uygun olarak seçilmiş olup ve açılan ADM sayısı için elde edilen sonuçlar Şekil 6.141'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde İstanbul uygulamasında açılan ADM sayısı, ADM'nin havaalanına olan uzaklığı 17,8 km seçildiğinde, %70 minimum talep karşılanması haricinde 1 adet artmaktadır. Tüm talebin karşılanması durumunda, ilgi parametre 7 ve 8 km seçildiğinde ADM sayısı 5'tir ve diğer senaryolara göre ADM sayısı 1 fazladır. Bunun nedeni ise bu parametre kısıtını karşılayan aday ADM'nin kapasitesinin düşük olması ve tüm talebin karşılanması için ek bir ADM'ye ihtiyaç duyulmasıdır. Her mahalleden %70 talep karşılanma durumunda izin verilen havaalanı uzaklığı en yüksek değer olan 36 seçildiğinde ise, model GDM sayısını azaltıp ADM

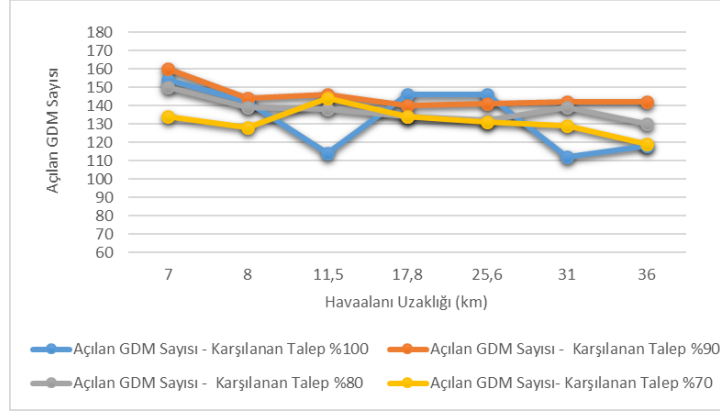
sayısını 2 adet arttırmıştır. Böylece toplam karşılanan talebi arttırırken toplam ağırlıklı uzaklığı ise uzaklığı optimize ettiğinden azaltmıştır. Bunun dışındaki durumlarda ise ilgi parametredeki değişiklikten bağımsız olup açılan ADM sayısı 4 ‘tür.



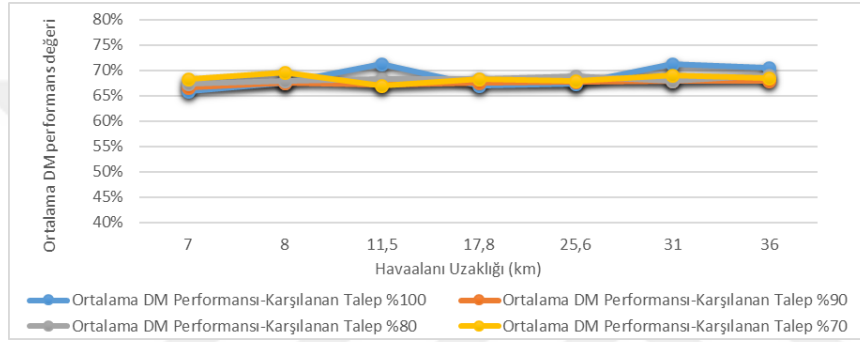
Şekil 6.141: Açılan ADM’lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum ADM sayısına etkisi.

Şekil 6.142’de açılan ADM’lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre incelenen parametredeki değişikliklere karşı tüm talebin karşılanması durumu en duyarlıdır. Tüm talebin karşılanması istendiği durumda ise bu parametrenin sadece 17,8 ve 25,6 arasındaki değişimine karşı duyarsızdır. Bununla birlikte, ilgi parametrenin 7’den 8’e çıkarılması açılan GDM sayılarında yaklaşık 20 adet düşüş sağlamaktadır. %90 talep karşılanma durumunda 11,5-36 km arasındaki parametre değişiminin ise açılan GDM sayısını değiştirmedeği söylenebilir. %80 talep karşılama durumu da 11,5-25,6 arasındaki değişimlere karşı duyarsızken, 31 km seçilmesiyle artan GDM sayısı, 36 km ye arttırıldığında ise 10 adet azalmaktadır. Model, yeni DM kombinasyonları ile toplam ağırlığı azaltacak ve toplam performans değerini arttıracak seçimler yapmakta ve GDM sayılarında küçük değişiklikler yaşanabilmektedir.

Şekil 6.143’te açılan ADM’lerin havaalanına olan uzaklığının ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre, ilgi uzaklık 8 km’ye arttırıldığında DM performansında yaklaşık %5’lik artış sağlanmaktadır ve tüm talebin karşılanması durumunda ilgi parametrenin 11,5, 31 ve 36 km seçilmesi ile ortalama performans değeri yaklaşık %3 artmaktadır. Bununla birlikte bu parametrenin genel olarak ortalama DM performansını etkilemediği söylenebilir.



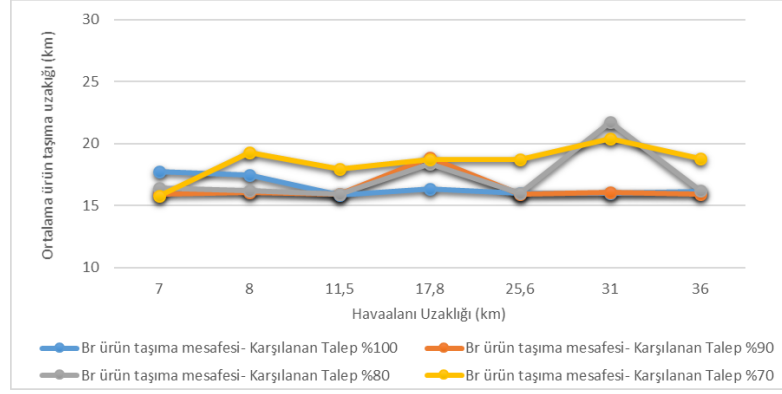
Şekil 6.142: Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının GDM sayısına etkisi.



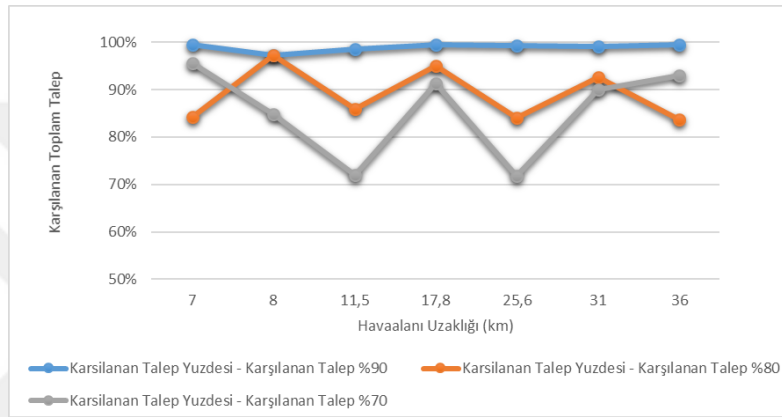
Şekil 6.143: Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.144'te açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olan maksimum uzaklığının ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %100 ve 70 talep kapsanma durumu diğerlerine göre parametrenin değişimlerinden çok az etkilenmektedir. Bununla birlikte %70 talep karşılanma durumu haricinde 7 ve 11,5 km arasında birim taşıma uzaklığının aynı olduğu söylenebilir. Bunun dışındaki artışlarda ise ortalama ürün taşıma uzaklığı açılan DM kombinasyonları nedeniyle değişiklik göstermektedir.

Şekil 6.145'te açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının karşılanan toplam talebe etkisi verilmiştir. Buna göre, bu parametredeki değişime en duyarlı olunan durum her mahalleden en az %70 talep karşılanma durumudur. Hem %70 hem de 80 talep karşılama durumu, ortalama ürün taşıma uzaklığındaki değişikliğe uyumlu olarak toplam karşılanan talepte değişiklikler yaratmaktadır. Buna göre açılan DM'ler arasında uzaklık arttıkça toplam karşılanan talep de azalmaktadır. Bunun dışında talep noktalarından en az %90 talep karşılanması istendiğinde de ilgi parametrenin değişimlerinden etkilenmediği söylenebilir.



Şekil 6.144: Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.



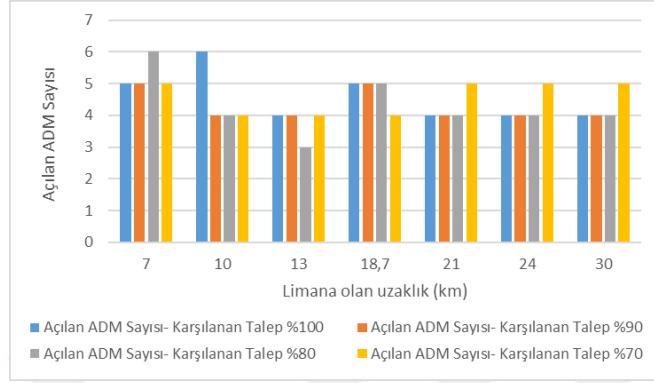
Şekil 6.145: Açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığının karşılanan toplam talebe etkisi.

Yukarıda verilen sonuçlar genel olarak incelendiğinde İstanbul uygulaması için açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin tüm talep karşılandığında 11,5 km; diğer durumlarda ise 8 km olarak seçilmesi önerilmektedir.

6.3.5 Duyarlılık analizi: Açılan en az bir ADM'nin liman uzaklık parametresi

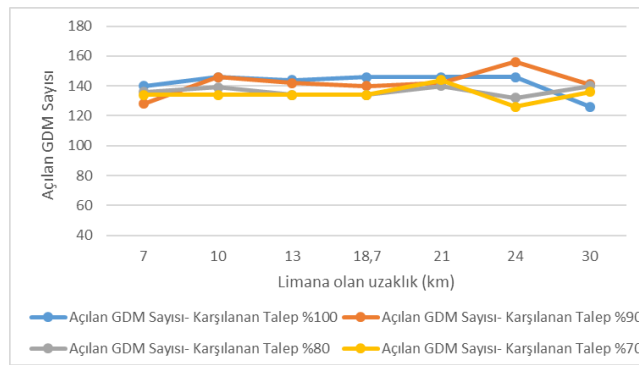
Önerilen matematiksel modelde açılan ADM'lerin en az bir tanesinin limana olan uzaklığının en az karar verici tarafından belirlenen bir değerden daha az olması istenmektedir. Bu nedenle bu bölümde bu parametredeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Buna göre açılan en azından bir ADM'nin limana olan uzaklığının en fazla 7 ve 30 km arasında olması senaryoları incelenmiştir. Bu parametredeki değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar sonuçlar Şekil 6.146'da verilmiştir. Buna göre incelenen parametrenin 7 km seçilmesi durumunda zorunlu olarak açılan ve kapasitesi düşük olan ADM nedeni ile açılan ADM sayısı yüksektir. Bu nedenle ilgi parametrenin 10'a arttırılması ile tüm talep

karşılanması durumu haricinde açılan ADM sayısı azalmaktadır. Bununla birlikte açılan ADM sayısı ilgi parametrenin 21-30 km arasındaki değişimlerine karşı duyarlı değildir. Buna göre tüm İstanbul uygulaması için açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresi 10 km seçilebilir.



Şekil 6.146: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ADM sayısına etkisi.

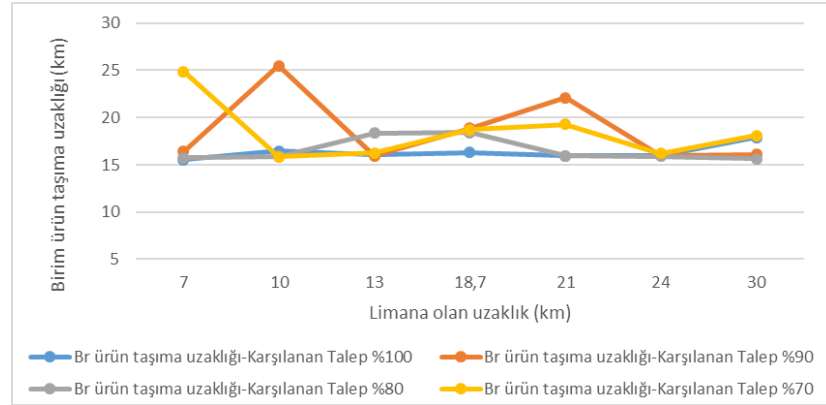
Şekil 6.147'de açılan ADM'lerin limana olan uzaklığının GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre %100 ve her bölgeden en az %90 talep karşılanma durumunda açılan GDM sayısı, incelenen parametre 7-10 km aralığında değişirken artmaktadır. Küçük değişimler olsa da 10- 21 km aralığında ise incelenen parametrenin GDM sayısı açısından duyarlı olduğu söylenebilir. Bununla birlikte 24 ve 30 km seçilmesi durumunda da GDM sayısı açısından duyarlıdır ve yaklaşık 10 GDM artmakta veya azalmaktadır.



Şekil 6.147: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin GDM sayısına etkisi.

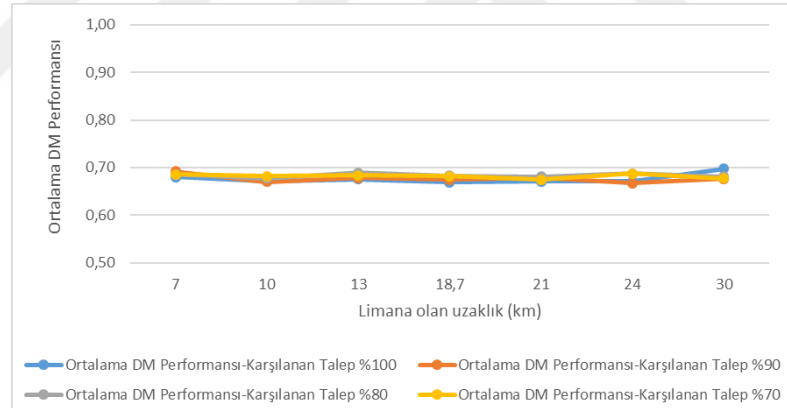
Şekil 6.148'de açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre ilgi parametrenin 10'a arttırılması her mahalleden en az %70 ve 90 talep karşılanması istendiğinde ortalama ürün taşıma uzaklığı yaklaşık 10 km değişim yaratmaktadır.

Bunun dışında ADM'lerin limana uzaklığı parametresinin 13-24 km arasındaki değişimi de taşıma uzaklığında yaklaşık 3 km'lik değişim yaratmaktadır.



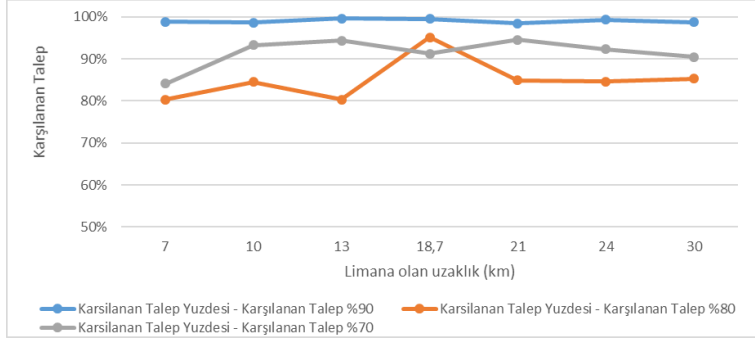
Şekil 6.148: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

Şekil 6.149'da açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre bu parametredeki değişim ortalama DM performansı için duyarlı değildir.



Şekil 6.149: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.150'de açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi verilmiştir. Buna göre ilgi parametrenin 18,7'ye artırılması ile her mahalleden en az %80 talep karşılanması durumunda toplam karşılanan talepte yaklaşık %15 artış meydana gelmektedir. Ayrıca 10 km'ye arttırıldığında da toplam karşılanan talep %70 ve 80 seçildiğinde artmaktadır. Bunun dışındaki durumlarda ise, toplam karşılanan talep açısından limana olan uzaklık parametresinin duyarlı olduğu görülmektedir.



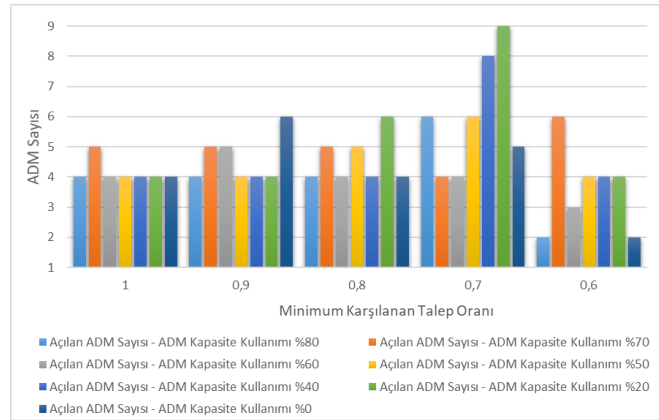
Şekil 6.150: Açılan ADM'lerin en az birinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

Yukarıda verilen veriler birlikte açılan ADM'lerin en az bir tanesinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin İstanbul uygulaması için, her mahalleden %80-100 arası talep karşılandığında 13 km; %70 talep karşılandığında ise 10 km olarak tercih edilmelidir.

6.3.6 Duyarlılık analizi: Bir ADM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı

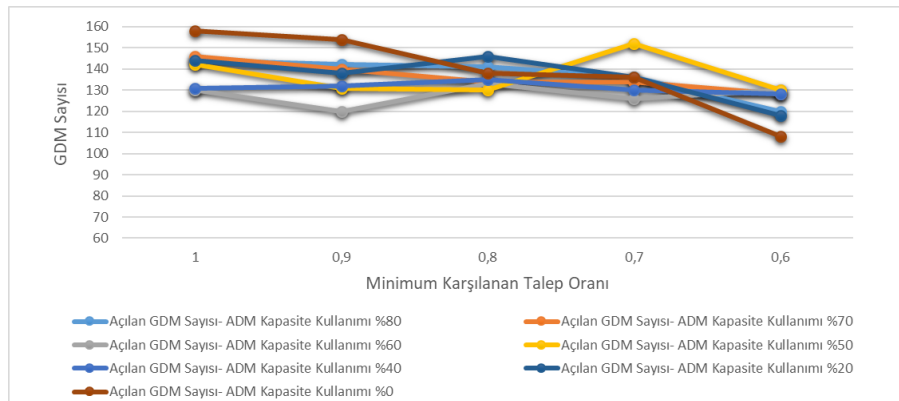
Bu bölümde, bir ADM'nin açılması için kullanılması gerekli olan minimum kapasite oranı parametresindeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Buna göre açılmasına izin verilen ADM'nin kapasite kullanım oranının hiç olmaması ve en az %80 seçilmesi arasındaki değişimler incelenmiştir. Bu parametredeki değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar sonuçlar Şekil 6.151'de verilmiştir. Buna göre bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresindeki değişimler, her mahalleden en az %70 talep karşılanması istenen durumda en çok değişimi yaratmaktadır. Bu durumda ADM kapasitesi 0-50 aralığında olması istenildiğinde model mümkün olduğunca fazla sayıda ADM açarak ağırlıklı ortalama uzaklığı azaltmaktadır. %60-70 olduğu durumda ise kapasite kısıtını sağlamak için model ADM sayısını azaltmaktadır. Bununla birlikte %80 talep karşılama durumunda ise yükselen kapasite kullanım kısıtını sağlamak için ADM sayısı tekrar artış göstermektedir. Her mahalleden en az %90 talep karşılanma oranında model, sadece ADM kapasitesi olmayan durumda, açılan ADM sayısını arttırmaktadır. İstanbul uygulaması için tüm talebin karşılanması durumunda açılan ADM'lerin kullanım kapasitesi %70 iken açılan ADM sayısı farklılık yaratmaktadır. Bunun dışındaki parametre değişimleri ise, tüm talebin

kapsanması durumunda farklılık yaratmamaktadır. Her mahalleden en az %60 talep karşılanması istendiğinde ise beklenildiği üzere ADM sayısı en az olmaktadır.



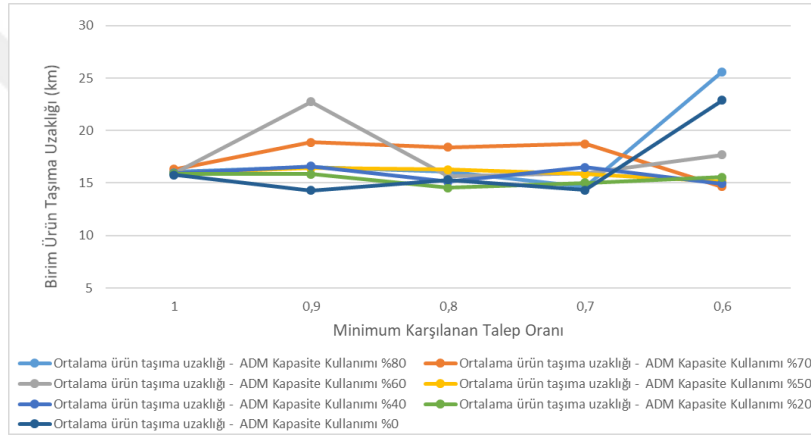
Şekil 6.151: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi.

Şekil 6.152'de bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %90 ve 100 talep karşılanması istendiğinde ilgi parametredeki değişimler, GDM sayısındaki en fazla değişikliği yaratmaktadır. Bu aşamada en fazla tüm talep karşılanma durumunda ilgi parametredeki değişimler ADM sayısını etkilemese de GDM sayısını değiştirmektedir. Bu noktalarda MDC kapasite kullanım oranının olmadığı durumda GDM sayısı en yüksek değerini alırken, %60 talep karşılanma durumunda ise en düşük değerini almaktadır. %70 talep karşılanma durumunda %50 ADM kapasite kullanım oranı tüm İstanbul uygulamasında en yüksek değeri vermektedir. %60 talep karşılanma durumunda ise hiç kapasite kısıtı olmayan durumda GDM sayısı en düşük değerini almaktadır. Bu bağlamda incelenen parametre %60 seçildiğinde GDM sayısı açısından en iyi sonuçların elde edildiği söylenebilir.



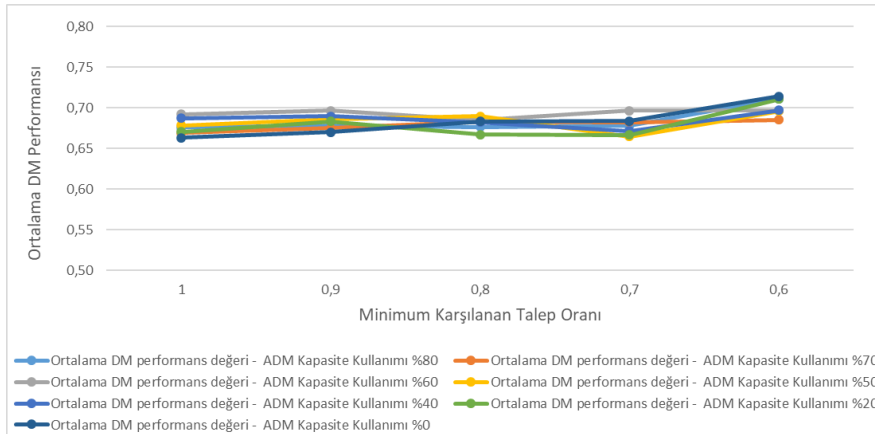
Şekil 6.152: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi.

Şekil 6.153'te açılan bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %70-90 arasında talep karşılandığında, ADM kapasite kullanım oranının %60 olması ortalama ürün taşıma uzaklığını arttırmaktadır. Bununla birlikte %90 talep karşılama istendiğinde ise %60 ADM kapasite kullanım ortalama ürün taşıma uzaklığını en fazla arttıran parametredir. %60 talep karşılanması istendiğinde ise hiç kapasite kısıtı olmayan ve %80 ADM kapasite kullanımı istendiğinde ortalama ürün taşıma uzaklığı yaklaşık 10 km artmaktadır. Bunun nedeni bu senaryolarda açılan ADM sayısının azalmasıdır. Bunun dışındaki parametre değişimleri ise ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından duyarsızdır.



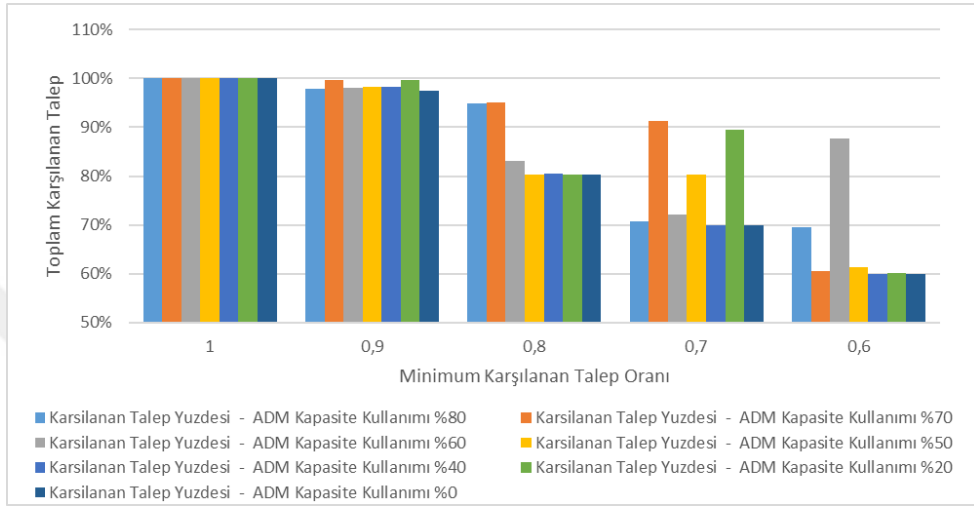
Şekil 6.153: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

Şekil 6.154'te ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre bu parametredeki değişim ortalama DM performansı için duyarlı değildir.



Şekil 6.154: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.155'te ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %90-100 arası talep karşılanma durumunda, toplam karşılanan talep açısından ilgi parametredeki değişimin duyarsız olduğu söylenebilir. Her mahalleden en az %80 talep karşılanması istendiğinde ise ADM kapasitesinin %70 ve %80 seçilmesi toplam talebi arttırmaktadır.



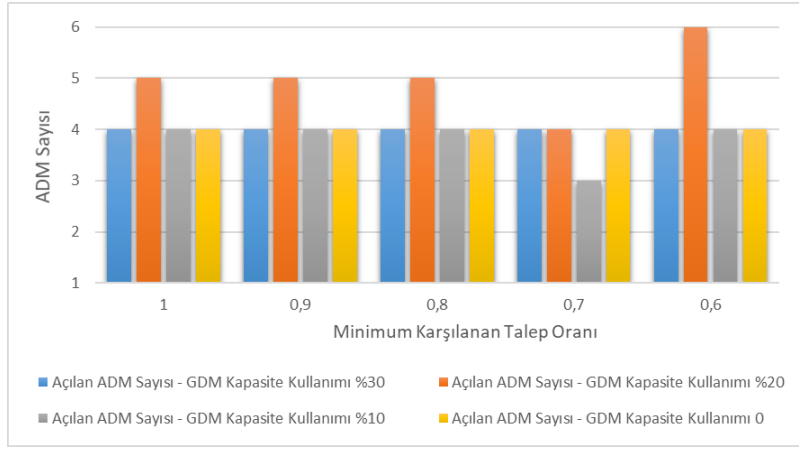
Şekil 6.155: Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

Yukarıda verilen veriler birlikte ele alındığında her mahalleden %90 talep karşılandığında ADM kapasite kullanım oranı %50, diğer talep karşılanma oranlarında ise % 60 kapasite kullanım oranı tercih edilebilir.

6.3.7 Duyarlılık analizi: Bir GDM'nin açılması için kullanılması gereken minimum kapasite oranı

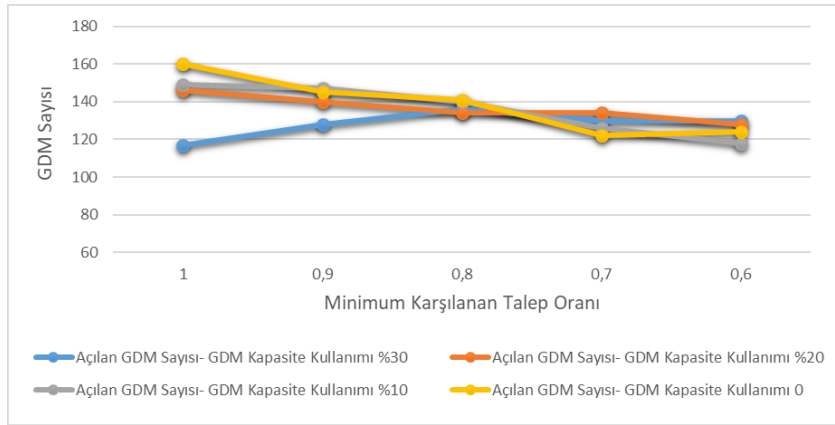
Bu bölümde bir GDM'nin açılması için kullanılması gerekli olan minimum kapasite oranı parametresindeki değişimlerin model sonucunda yarattığı farklılıklar incelenmiştir. Buna göre açılmasına izin verilen GDM'nin kapasite kullanım oranının hiç olmaması ve en az %30 seçilmesi arasındaki değişimler incelenmiştir. İlgi parametre %40 seçildiğinde ise model, İstanbul uygulaması için olurlu bir sonuca ulaşamamaktadır. Bu parametredeki değişimin açılan ADM sayısında yarattığı farklılıklar sonuçlar Şekil 6.156'da verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %70 talep karşılanması durumunda ve GDM kapasite kullanım kısıtı %10 alındığında açılan ADM sayısı 1 adet azalmaktadır. Diğer talep karşılama oranlarında ise GDM Kapasite kullanım oranı en az %20 alındığında ADM sayısı artmaktadır. Bu nedenle

ADM sayısı açısından, bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresi %10 seçilebilir.



Şekil 6.156: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ADM sayısına etkisi.

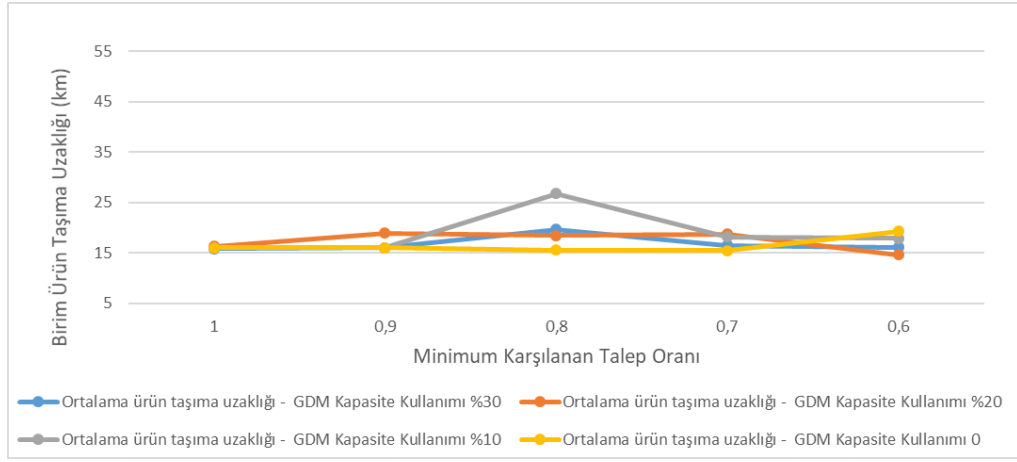
Şekil 6.157'de bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi verilmiştir. Buna göre ilgi parametrenin %30 seçilmesi her mahalleden en az %90-100 talep karşılanması istendiğinde GDM sayısında sırasıyla 10 ve 20 adet düşüş yaratmaktadır. Bunun dışında ise GDM kısıt parametresinin GDM sayıları üzerinde etkili olmadığı söylenebilir.



Şekil 6.157: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin GDM sayısına etkisi.

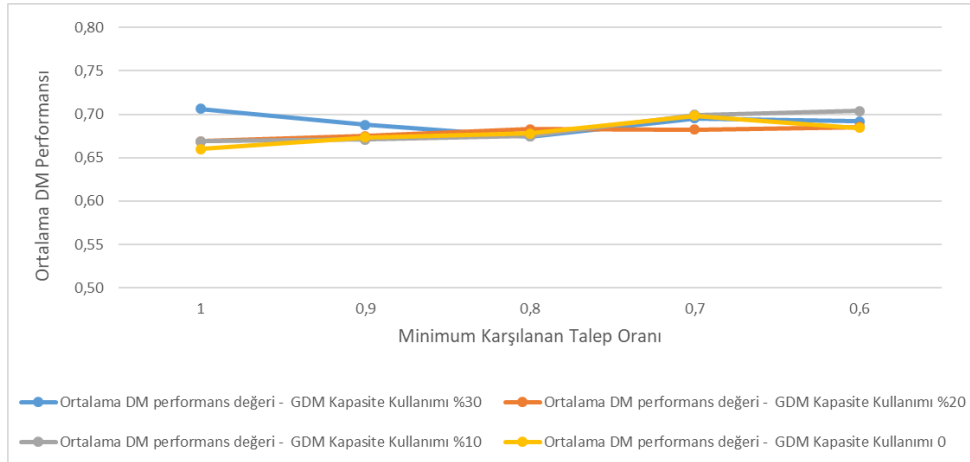
Şekil 6.158'de bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi verilmiştir. Buna göre %10 GDM kapasite kullanım kısıtı, her mahalleden en az %80 talep karşılanması istendiğinde ortalama ürün taşıma uzaklığını yaklaşık 10 km arttırmaktadır. Ayrıca hiç GSM kapasitesi olmayan durum %70-90 talep karşılanma aralığında diğerlerine göre

daha düşük sonuç vermektedir. Bunun dışında ise incelenen parametre ortalama ürün taşıma uzaklığı açısından duyarsızdır.



Şekil 6.158: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama ürün taşıma uzaklığına etkisi.

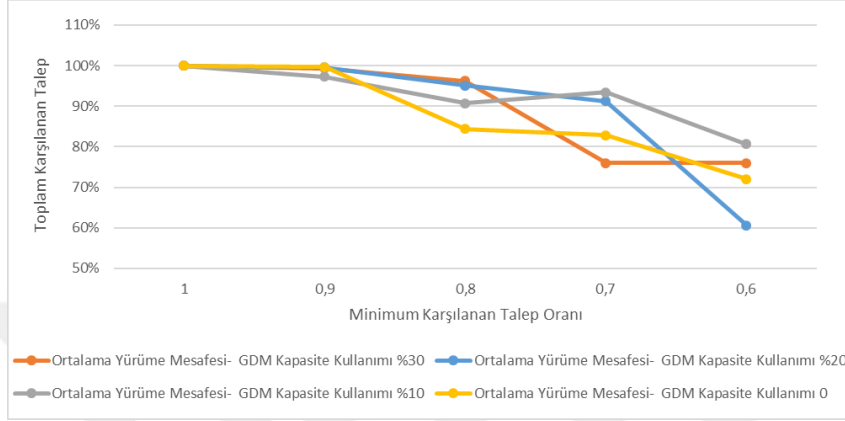
Şekil 6.159'da GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi verilmiştir. Buna göre ilgi parametrenin %30 seçilmesi her mahalleden en az %90-100 talep karşılanması istendiğinde ortalama DM performansı açısından artış sağlamaktadır. Bunun dışında ise ilgi parametredeki değişim, ortalama DM performansı açısından duyarlı değildir.



Şekil 6.159: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin ortalama DM performans değerine etkisi.

Şekil 6.160'ta GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %90-100 arası talep karşılanma durumunda, ilgi parametredeki değişimin toplam karşılanan talep açısından duyarsız olduğu söylenebilir. Her mahalleden en az %80

talep karşılanması istendiğinde ise sadece GDM kapasitesinin %10 ve altında tutulmasının, karşılanan toplam talebi diğer parametrelere göre azalttığı görülmektedir. Her mahalleden en az %70 ve 60 talep karşılanması ilgi parametredeki değişimlere en duyarlı noktalar ve bu noktalarda %10 GDM kapasite kullanım sınırı en yüksek değeri vermektedir.



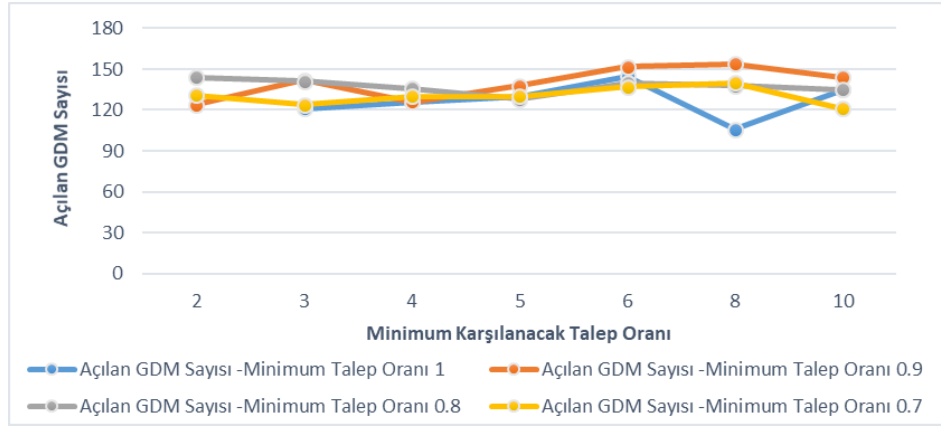
Şekil 6.160: Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresinin toplam karşılanan talebe etkisi.

Yukarıda verilen veriler birlikte ele alındığında bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresi %30 seçilmelidir.

6.3.8 Duyarlılık analizi: ADM sayısındaki değişim

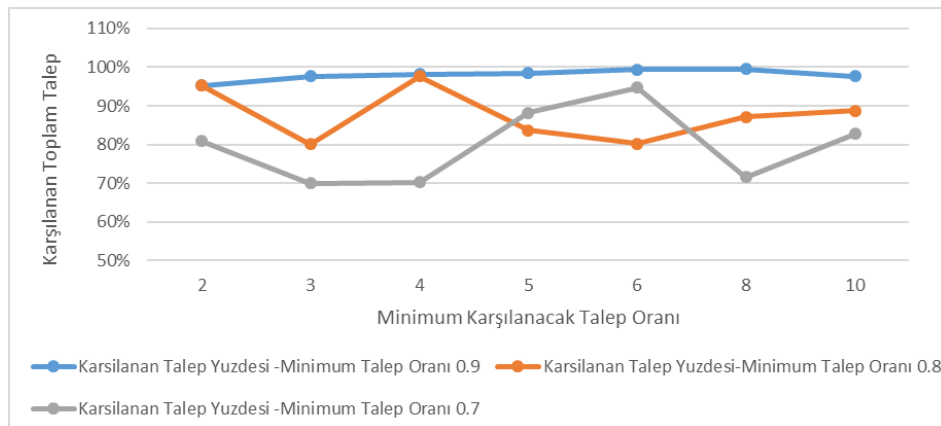
Bu bölümde karar vericinin en fazla açılabilir DM sayısını belirtmesi durumu ile ilgili analizler yapılmıştır. Bu amaçla en fazla açılabilir ADM sayısı modele kısıt olarak eklendiğinde, her mahalleden minimum karşılanacak talep oranına göre açılan GDM sayıları Şekil 6.161'de verilmiştir. İstanbul uygulamasında tüm talebin karşılanması istendiğinde en az 3 adet ADM açılmalıdır. 2 adet ADM açıldığında model olurlu sonuç bulamamaktadır. 3 adet ADM açıldığında %90 talep karşılanma durumunda bir artış yaşanırken diğerlerinde açılan GDM sayısı küçük de olsa düşmektedir. 4 ve 5 ADM açılma durumuna ise tüm talep karşılanma oranlarında benzer sayıda GDM açılmaktadır. Açılan ADM sayısı 5'e arttırıldığında GDM sayısı açısından yaklaşık aynı sayı elde edilirken, 6'ya yükseltildiğinde yaklaşık 7 adet fazla GDM açılmaktadır. Ayrıca, tüm talep karşılanması haricinde, ADM sayısının 6'dan 8'e yükseltilmesi de GDM sayısını değiştirmemektedir. Buna göre İstanbul uygulaması için en fazla 4 adet ADM açılmasının yeterli olduğu ve açılan ADM sayısı arttığında GDM sayısı açısından bir iyileşme olmadığı görülmektedir. Yalnızca tüm

talep karşılandığında ve 8 adet ADM açılması kabul edilebilir ise GDM sayısında 22 adet iyileşme sağlanabilmektedir.



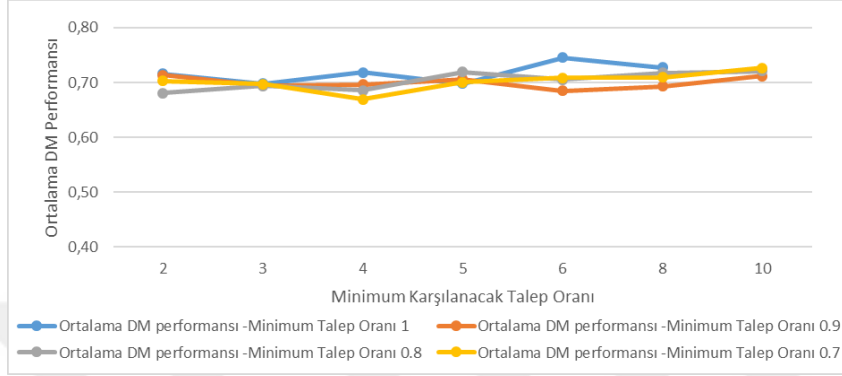
Şekil 6.161: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.

Şekil 6.162'ye göre karşılanan toplam talep sonuçları için açılan ADM sayılarındaki değişimler, her mahalleden en az %70-80 arası talep karşılanması istendiğinde farklılık yaratmamaktadır. Bu iki talep karşılanma oranı için ADM sayısı 3'e yükseltildiğinde artan DM uzaklıkları nedeni ile karşılanan toplam talep düşmektedir. Her mahalleden en az %80 talep karşılanması ve 4 adet ADM açılması durumunda karşılanan toplam talep yaklaşık %18 artmaktayken %70 talep karşılama durumunda ise aynı kalmaktadır. 5 adet ADM açıldığında ise bu iki oran yaklaşık aynı miktarda talebi karşılamaktadır. Bununla birlikte %90 talep karşılandığında ve 2-6 adet ADM açıldığında toplam karşılanan talep çok az da olsa yükselmektedir. Bunun dışında ise yaklaşık olarak aynı kaldığı söylenebilir.



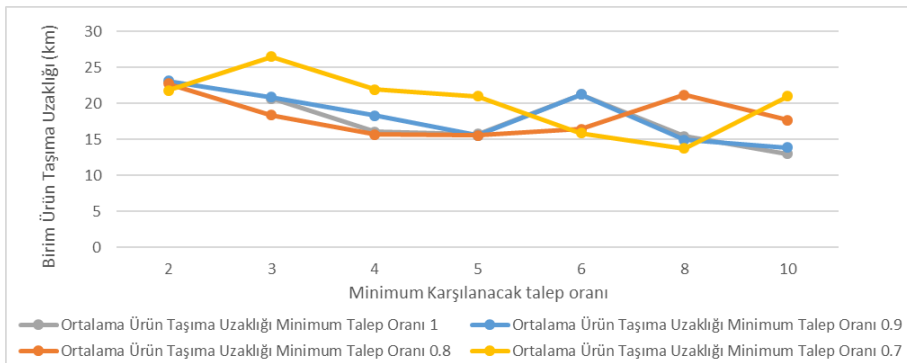
Şekil 6.162: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep oranı.

Şekil 6.163'e göre ortalama DM performansı için ADM sayılarındaki değişimlerin farklılık yaratmadığı söylenebilir. Sadece her talep noktasından en az %70 talep karşılanan ve 4 adet ADM açılan durumda diğerlerine göre küçük bir düşüş mevcuttur. Ayrıca tüm talep karşılandığında 4, 6 ve 8 ADM açıldığı durumlarda diğerlerine göre daha iyi performans değerleri elde edilmiştir.



Şekil 6.163: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri.

Şekil 6.164'te, her mahalleden en az %70 talep karşılama durumunda açılan ADM sayısı 3-5 arasındayken en yüksek taşıma uzaklığını vermektedir. Bununla birlikte diğer talep karşılanma durumlarında ADM sayısının 2-4 arasında artışı ortalama ürün taşıma uzaklığını azaltmaktadır. 5 ADM açıldığında ise yaklaşık aynı kalan bu uzaklık 6'ya yükseltildiğinde ise tüm talebin ve %90 talebin karşılanması istendiğinde yaklaşık 5 km artmaktadır. %80 talep karşılama içinse çok küçük bir yükseliş olsa da aynı kaldığı söylenebilir.



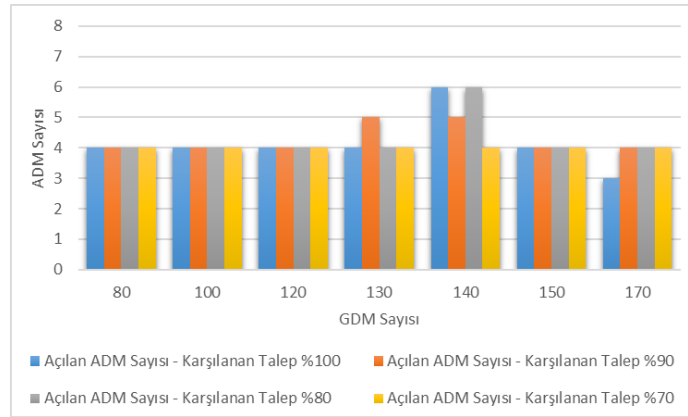
Şekil 6.164: Açılmasına izin verilen ADM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı birim ürün taşıma uzaklığı.

Yukarıda verilen veriler ışığında tüm İstanbul uygulaması için 4 adet ADM açılmasının yeterli olduğu görülmektedir. Bununla birlikte özellikle her mahalleden en az %70 karşılanması durumunda model, ortalama ağırlıklı uzaklığı azaltmak ve toplam

talebi arttırabilmek adına 5 veya 6 adet ADM açılmasını tercih edebilir. Bu durumlarda az da olsa GDM sayılarında bir artış yaşanacaktır.

6.3.9 Duyarlılık analizi: GDM sayısındaki değişim

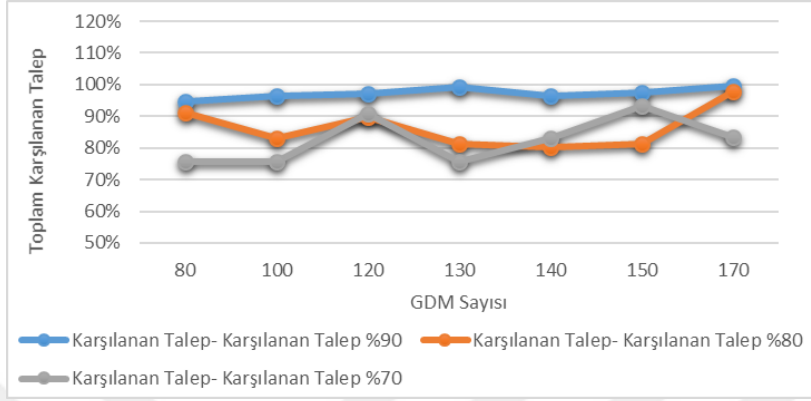
Bu bölümde karar vericinin en fazla açılacak GDM sayısını belirtmesi durumu ile ilgili analizler yapılmıştır. Bu amaçla GDM sayısı amaçtan çıkarılarak modele kısıt olarak en fazla açılacak GDM sayısı eklenmiştir. Minimum karşılanacak talep oranına ve açılmasına izin verilen GDM sayılarına göre elde edilen ADM sayıları Şekil 6.165'te verilmiştir. Buna göre, açılmasına izin verilen GDM sayısı 80 -120 aralığında değişirken açılan ADM sayısı değişmemektedir. 130'a arttırıldığında da ADM sayısı sadece %90 talep karşılanma durumunda 1 adet artarken diğer senaryolarda ADM sayısı aynı kalmaktadır. 140 GDM açılmasına izin verildiğinde ise %70 talep karşılanma durumu hariç tüm talep karşılanma oranlarında açılan ADM sayısı artmıştır. 150'ye yükseltildiğinde ise düşüş göstermişlerdir. Bu nedenle 140'ın GDM sayıları açısından kritik nokta olduğu söylenebilir. GDM sayısı 150'ye arttırıldığında ADM sayısı yine 4'e düşmekte ve 170 GDM açıldığında da değişmemektedir. Sadece 170 GDM açılmasına izin verildiğinde tüm talep karşılama durumunda ADM sayısı 3'e düşmektedir.



Şekil 6.165: Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.

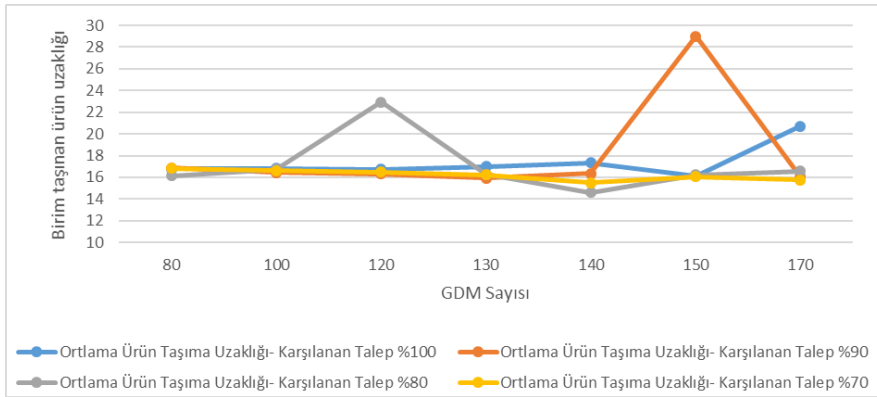
Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her mahalleden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep değişimi Şekil 6.166'da verilmiştir. Her talep noktasındaki talebin en az %90'ının karşılanması istendiğinde ise, açılmasına izin verilen GDM sayısındaki artış karşılanan toplam talep açısından duyarsızdır. Her talep noktasındaki talebin en az %70 ve 80'inin karşılanması istendiğinde ise GDM sayısı değişimine yaklaşık aynı değişimler oluşmaktadır. %70 ve 80 talep karşılanması için,

GDM sayısı 100-120 aralığında arttığında toplam talepte yaklaşık %10'luk bir artış yaşanmaktadır. 30-140 aralığında, %70 talep karşılanması için toplam karşılanan talep artarken, %80 için toplam talep değişmemektedir. 140 GDM açılması ile ADM sayıları artsa da toplam talep %80 ve 90 talep karşılama için değişmemektedir.



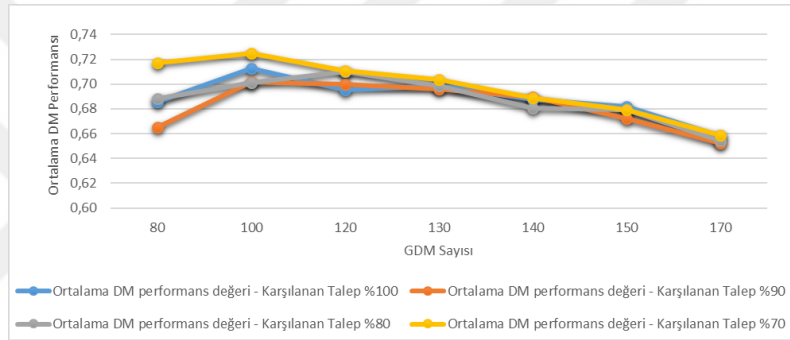
Şekil 6.166: Açımlarına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı toplam karşılanan talep.

Şekil 6.167’de bir ürünün talep noktasına ulaştırılincaya kadar olan ortalama ürün taşıma uzaklık verileri verilmiştir. 120 ADM açıldığında %80 talep karşılama durumunda, 150 GDM açıldığında da %90 talep karşılama durumunda ortalama ürün taşıma uzaklığı büyük yükselişler göstermiştir. 170 GDM açılmasına izin verilen durumda da ADM sayısı azaldığından tüm talebin karşılanması durumunda ortalama ürün taşıma uzaklığı artmıştır. Bunun dışında ise, açılan GDM sayısı 80 – 170 aralığında değişirken küçük değişimler yaşanmakla birlikte, ortalama taşıma uzaklığı parametresinin aynı kaldığı görülmektedir. Bu artış, Şekil 6.169’de verildiği üzere ilgi parametrelerdeki toplam karşılanan talep artışı ile de uyumludur.



Şekil 6.167: Açımlarına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama ürün taşıma uzaklığı.

Şekil 6.168’de açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her mahalleden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama DM performans değerleri verilmiştir. GDM sayısındaki artışla birlikte düşük performanslı DM’ler de seçildiğinden 100-170 GDM aralığındaki artışla birlikte, ortalama DM performans değeri de grafikte görüldüğü gibi azalmaktadır. Ayrıca, ortalama DM performansındaki değişim her bölgeden en az karşılanacak talep karşılanma oranından 100-170 aralığında bağımsızdır ve sadece DM sayısı ile ilişkilidir. GDM sayısının artışıyla DM performans değerlerinde düzenli bir düşüş görülse de, izin verilen GDM sayısı 140’a ve 170’e arttırıldığında ilgi düşüş oranı yaklaşık % 17’ye ulaşmaktadır. Bunun nedeni toplamda 180 aday nokta olan İstanbul senaryosunda, GDM kısıtının gevşemesiyle daha önce tercih edilmeyen en kötü performans değerine sahip DM’lerin de kullanılmasıdır.



Şekil 6.168: Açılmasına izin verilen GDM sayısına ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı ortalama DM performans değeri.

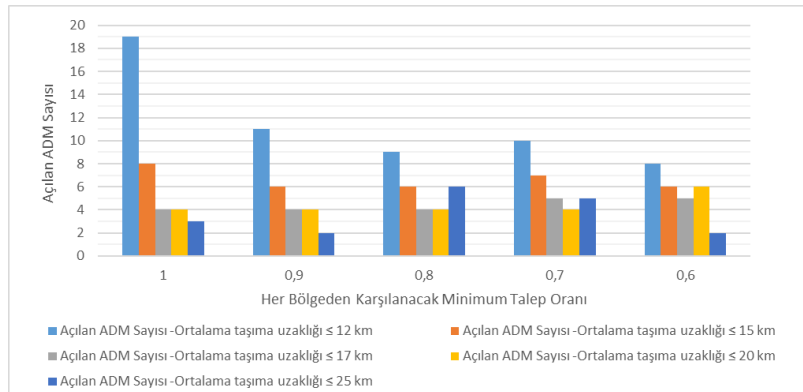
Açılabilecek en fazla GDM sayısı incelendiğinde; ADM sayıları açısından 140 GDM açılmasının kritik nokta olduğu söylenebilir. Ayrıca her mahalleden %90 talep karşılanan durumunda 150 GDM açılması ve %80 talep karşılanma durumunda 120 GDM açılması ortalama taşıma uzaklığını oldukça arttırmaktadır ve karar vericiler tarafından tercih edilmemelidir. Ayrıca GDM sayılarının 130-170 arasındaki artışı DM performans değerinde düşüş yaratmaktadır. Buna göre açılan GDM sayılarının 120-130 aralığında olması tercih edilebilir.

6.3.10 Duyarlılık analizi: Ortalama ürün taşıma uzaklığındaki değişim

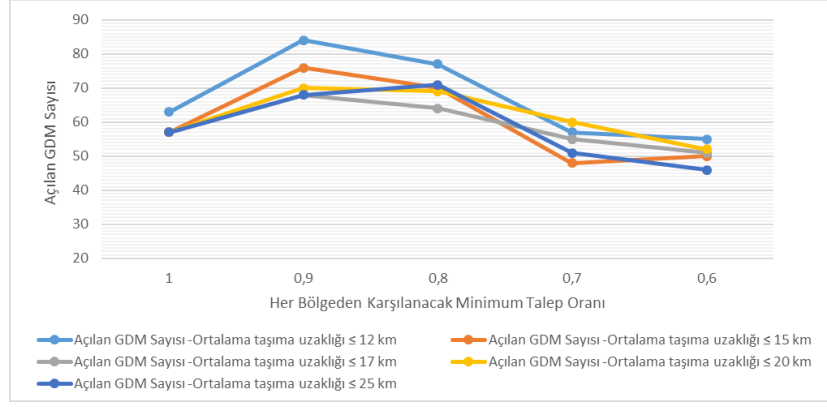
Bu bölümde, karar vericinin bir ürünün ADM’den talep noktasına ulaştırılması için izin verilen en yüksek uzaklığın belirtilmesi durumu ile ilgili analizler yapılmıştır. Bu nedenle ağırlıklı uzaklığın minimize edilmesi amaçlardan çıkartılarak belirlenen üst limit ile birlikte kısıtlara eklenmiştir. Bu amaçla izin verilen ortalama ürün taşıma uzaklığının İstanbul uygulaması için 12 ile 25 km arasındaki değişimi incelenmiştir.

Bu değişimin ADM sayısı üzerindeki etkisi Şekil 6.169’da verilmiştir. Buna göre, ortalama taşıma uzaklığının değişimi, açılan ADM sayısı için duyarlıdır. Beklenildiği üzere, en düşük ortalama ürün taşıma uzaklığı olan 12 km’de açılan ADM sayısı en yüksektir. Özellikle ilgi uzaklık 12 km seçildiğinde ve tüm talebin karşılanması istendiğinde açılan ADM sayısı 15 km’den 9 fazladır. Bunun nedeni, bu düşük taşıma uzaklığında tüm talebin karşılanması için modelin ADM sayısını arttırıp GDM sayısını azaltarak ortalama uzaklığı düşürmesidir. Her mahalleden %80-100 talep karşılanması istendiğinde en yüksek ikinci GDM sayısı 15 km ürün taşıma uzaklığında oluşmaktadır. Ayrıca bu talep karşılama oranları için, ortalama uzaklığın 17’den 20’ye arttırılması, açılan ADM sayısını değiştirmemektedir. Bunun tek istisnası ise, her mahalleden en az %60 talep karşılandığında, ortalama taşıma uzaklığı 5 km’den küçük tutulmasıdır. %60 ve %70 talep karşılama oranlarında ise daha düşük kapasiteli ADM’ler açılarak ADM sayısı artsa da, DM’ler arası uzaklık azaltılmıştır.

Şekil 6.170’te ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı verilmiştir. Buna göre birkaç noktada farklılık olsa da ortalama taşıma uzaklığı azaltıldığında açılan GDM sayısının arttığı söylenebilir. Genel olarak ise her mahalleden en az %90 talep karşılanma ve 15 km ortalama ürün taşıma uzaklığının GDM sayısı açısından en iyi sonucu verdiği söylenebilir. Bununla birlikte, her mahalleden en az %90 talep karşılama durumunda GDM sayısı en yüksek değerini alırken, ilgi talep karşılama oranı %70’e düşürüldüğünde GDM sayısında ciddi bir düşüş görölmektedir. Tüm talebin karşılanma durumunda GDM sayısının %90’a göre düşük olma sebebi ise tüm talebin karşılanması için modelin ADM sayısının arttırılıp GDM sayısını azaltmasıdır.

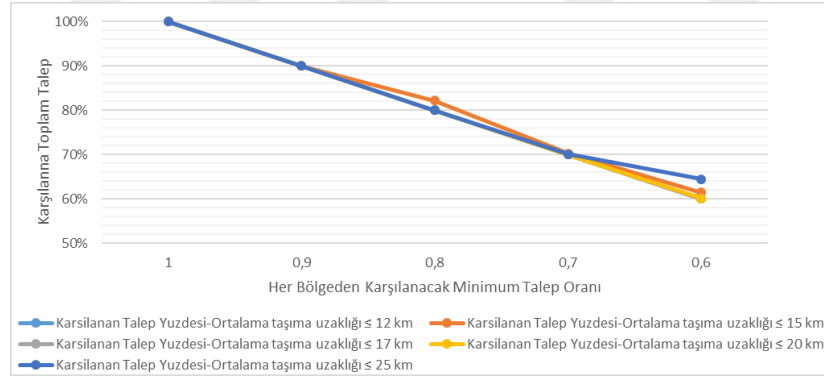


Şekil 6.169: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.



Şekil 6.170: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.

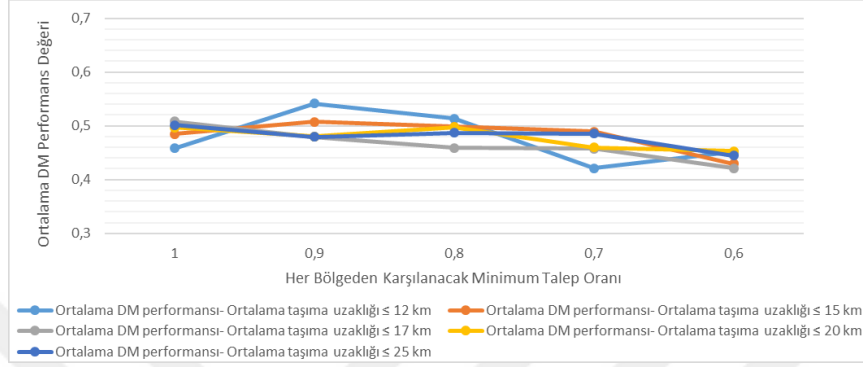
Şekil 6.171’de ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az % 60 talep karşılama senaryolarında 25 km ürün taşıma uzaklığı seçilmesi haricinde, ortalama taşıma uzaklığındaki değişiklikler, karşılanan toplam talebi etkilememektedir. Bahsi geçen istisnai durumda ise ortalama ürün taşıma uzaklığı 25 km iken diğer parametrelere göre daha az DM açılmakta ve de bu nedenle azalan DM uzaklığı nedeniyle %4 daha fazla talep karşılanmaktadır.



Şekil 6.171: Ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak karşılanan toplam talep.

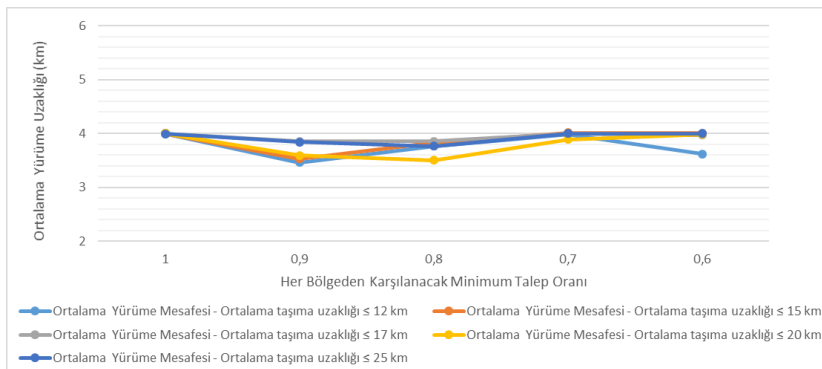
Şekil 6.172’de ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri değişimi verilmiştir. Buna göre ortalama DM performans değeri, her mahalleden en az %90 ve 80 talep karşılama durumlarında ortalama yürüme uzaklığı 12 km iken en yüksek değerini alırken; tüm talep karşılandığında en düşük değeri almaktadır. Bunun nedeni ise bu ortalama taşıma uzaklığında GDM sayısı açısından yaşanan değişikliklerdir ve bu sonuçlar Şekil 6.173 ile uyumludur. Bunun haricinde 17 km ortalama ürün taşıma uzaklığı ile %60 ve 80 talep karşılama durumlarında DM performansı en düşük değeri almaktadır ve bu

durum da toplam DM sayısındaki düşüşle bağlantılıdır. Model DM sayısını azaltırken bu taşıma uzaklığı için DM performanslarında istediği seçimleri yapamadığı görülmektedir. Bunun haricindeki durumlarda ise, küçük değişiklikler bulunsa da, ortalama DM performans değerinin ortalama ürün taşıma uzaklığındaki değişimlerden etkilenmediği görülmektedir.



Şekil 6.172: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama DM performans değeri değişimi.

Şekil 6.173'te ortalama ürün taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi değişimi verilmiştir. Buna göre ortalama yürüme uzaklığı 25 km seçildiğinde en yüksek ortalama yürüme mesafesi sonuçları elde edilmektedir. En düşük sonuçlar ise %80 talep karşılama durumunda 20 km taşıma mesafesinde, %60 talep karşılama durumunda ise 12 km taşıma mesafesinde oluşmaktadır. Bunun dışındaki değişiklikler ise ortalama yürüme uzaklığını değiştirmemektedir.



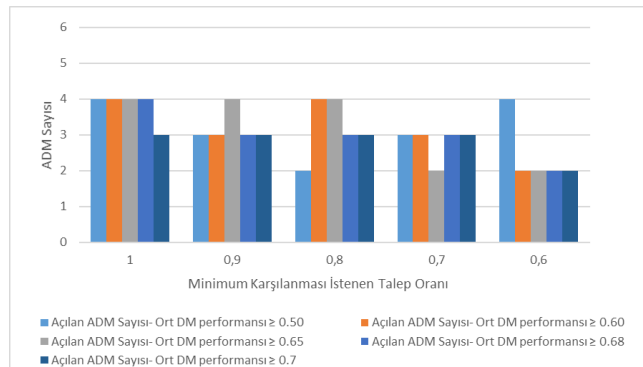
Şekil 6.173: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme mesafesi değişimi.

Bi ürünün ADM ve talep noktası arasındaki ortalama taşıma uzaklığı, İstanbul uygulamasında 17 ve 25 km aralığında tercih edilmelidir. Her 3 parametre için de model sonuçları benzer sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte GDM sayısında

yarattığı düşüş nedeniyle her bölgeden en az %70 talep karşılanması istendiğinde 15 km taşıma uzaklığı da tercih edilebilir.

6.3.11 Duyarlılık analizi: Ortalama DM performans değeri

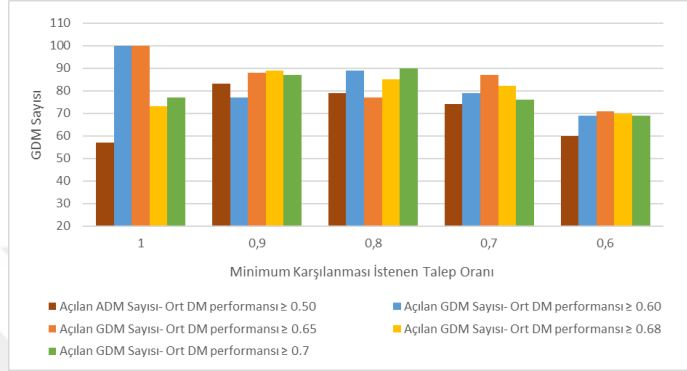
Bu bölümde karar vericinin açılan DM'lerin ortalama performansının belirli bir değerin üzerinde olmasını istediği durum ele alınmıştır. Bu amaçla açılan DM'lerin ağırlığının maksimize edilmesi amacı çıkarılarak, belirlenen bir değerden yüksek olması şeklinde kısıt olarak modele eklenmiştir. Diğer senaryolarla uyumlu olarak ortalama DM performansının 0,5 – 0,7 arasındaki değişimi incelenmiş ve buna göre oluşan ADM sayısındaki değişim Şekil 6.174'te verilmiştir. Ortalama DM performansı 0,75 seçildiğinde ise model olurlu çözümü en yüksek %80 talep karşılama durumunda ulaşabilmekte, bu durumda %100 ve %90 talep karşılanamamaktadır. Şekil 6.174 incelendiğinde açılan ADM sayısının tüm talebin karşılanması durumunda sadece ortalama DM performansı 0,7'ye arttırıldığında değişmekte ve 1 azalmaktadır. Bunun dışında ise DM performans değerindeki değişimlerden etkilenmemektedir. %90 talep karşılama durumunda ise sadece 0,65 ortalama DM performansı istendiğinde ADM sayısı değişmektedir. %80 talep karşılandığında ise 0,6-0,65 arasında açılan DM sayısı 4 iken, 0,5'te en düşük değer olan 2'yi, 0,68-0,7'de ise 3 değerini almaktadır. Buna göre bu noktada model DM değeri 0,5-0,65 aralığında DM sayısını arttırarak ortalamayı yükseltmeye çalışırken; 0,68 ve 0,7 değerini elde etmek için ise düşük performans değerli noktaları açmamaktadır.



Şekil 6.174: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan ADM sayısı.

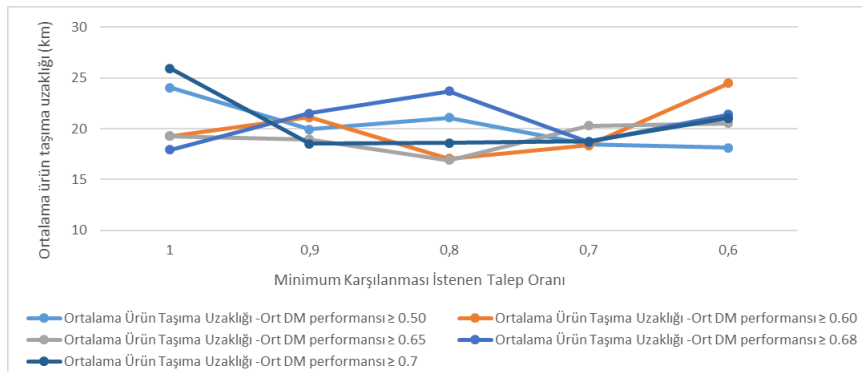
Şekil 6.175'te ortalama DM performans değeri ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı verilmiştir. Buna göre her mahalleden en az %90 talep kapsanması istenen durum haricinde, ortalama DM performansının

0,6'dan büyük olması istenen durumda en yüksek GDM sayısı elde edilmektedir. En düşük sayıda GDM ise DM performansının 0,5'den büyük olması istendiğinde ulaşılmaktadır. Bunun dışında, açılan GDM sayısı her mahalleden minimum karşılanması istenen talep oranına göre değişen farklılıklar göstermektedir. Bununla birlikte %60 talep karşılanma durumunda ortalama DM performansının 0,5 seçilmesi GDM sayısını azaltırken diğer parametrelerin ise fark yaratmadığı söylenebilir.



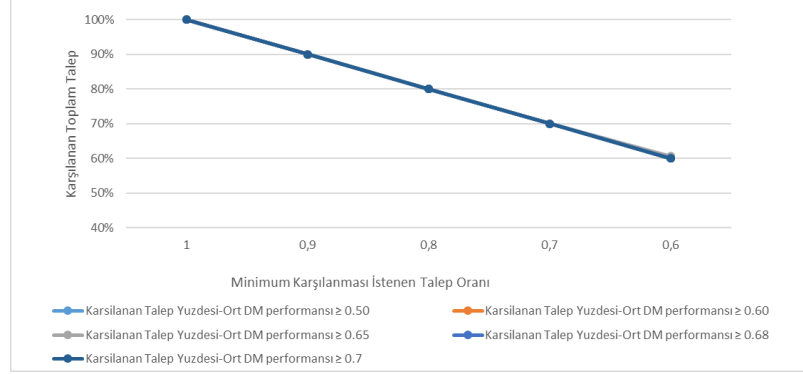
Şekil 6.175: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak açılan GDM sayısı.

Şekil 6.176'da her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama ürün taşıma uzaklığı verilmiştir. Bu uzaklık da GDM sayısı gibi her bölgeden minimum karşılanması istenen talep oranına göre değişen farklılıklar göstermektedir. Her talep noktasında ilgi parametreler farklı sonuç vermekte ve gruplaşmaktadır. %80 talep karşılama durumunda ilgi parametre, değişimlere oldukça duyarlıdır ve bu noktada 0,65 DM performansının en yüksek taşıma uzaklığına neden olduğu görülmektedir. Tüm talebin karşılandığı durumda ise parametreler iki gruba ayrılmış; 0,5 ve 0,7 benzer sonucu verirken diğer parametreler olan 0,65, 0,6 ve 0,68 yaklaşık aynı sonucu vermektedir.



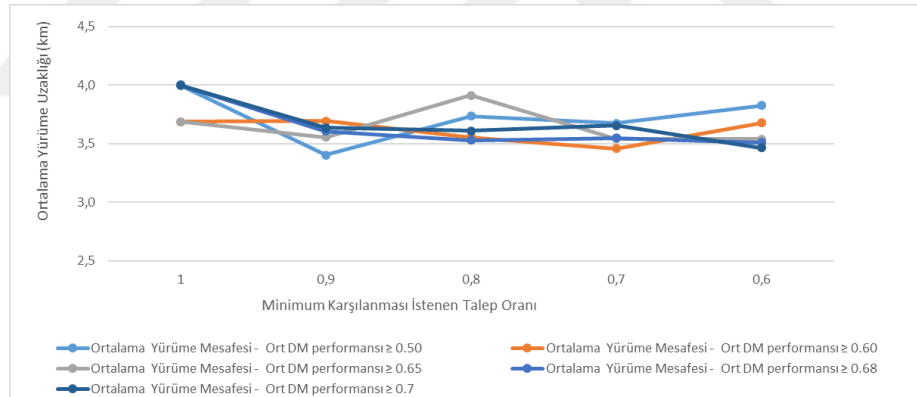
Şekil 6.176: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama ürün taşıma uzaklığı.

Şekil 6.177’de sırasıyla her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak toplam karşılanan talep verilmiştir. Buna göre seçilen ortalama DM performansının karşılanan toplam talebi değiştirdiği söylenemez.



Şekil 6.177: Ortalama taşıma uzaklığı ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama toplam karşılanan talep.

Şekil 6.178’de her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme uzaklığı verilmiştir. Buna göre yürüme uzaklığı açısından değişimin ortalama taşıma uzaklığına benzediği söylenebilir.



Şekil 6.178: Ortalama DM performans parametresi ve her bölgeden karşılanacak en az talep oranına bağlı olarak ortalama yürüme uzaklığı.

Ortalama DM performans değeri en düşük incelenen değer olan 0,5 tutulduğunda beklendiği gibi açılan DM sayısı en azdır. Bununla birlikte ortalama DM performansı, her mahalleden karşılanacak minimum talep oranına bağlı olarak model sonuçlarını etkilemektedir. Tüm talep karşılandığında ortalama DM performans değeri 0,68, her mahalleden %90 veya 70 talep karşılandığında 0,6; %80 talep karşılandığında 0,65; %60 talep karşılandığında ise 0,65-0,7 arasında istenen bir değer tercih edilebilir.

6.3.12 İstanbul uygulaması duyarlılık analizi sonuçları

Bu bölümde önerilen modelin İstanbul uygulaması için yapılan analiz sonuçları derlenerek aşağıda verilmiştir.

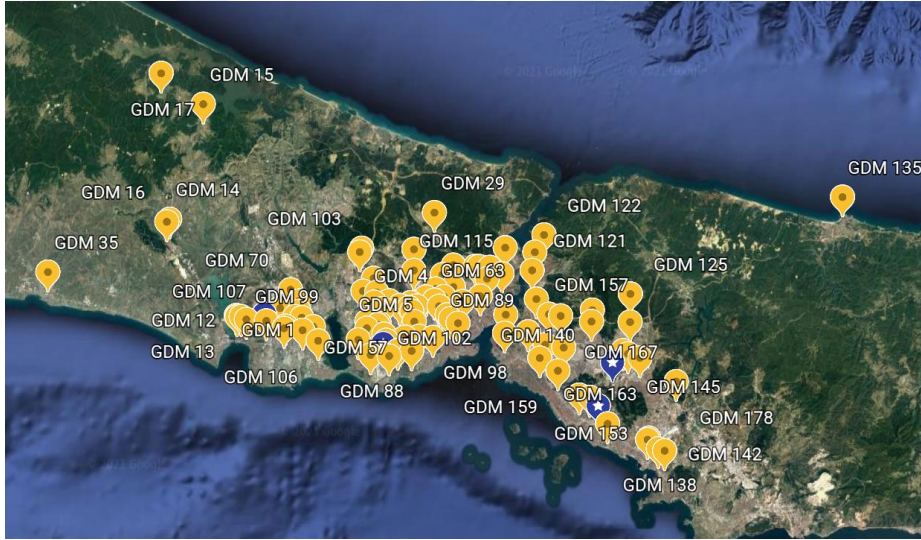
- Tüm talebin karşılanmasını istendiği durumda İstanbul uygulaması için ortalama yürüme mesafesi parametresi en az 4 km seçilmelidir. Yapılan analizlerde de ortalama yürüme uzaklığının ortalama yürüme uzaklığının 5 km seçilmesi ve tüm talebin karşılanması ile en iyi sonucu verdiği görülmektedir.
- ADM depo olanakları açısından, tüm talep karşılandığında ilgi parametrenin 0,63 seçilmesi önerilebilir. Bununla birlikte DM sayıları açısından %70 ve 80 talep karşılama senaryoları için 0,67; %90 talep karşılandığında ise 0,7 seçilmesi karar vericiler tarafından tercih edilebilir.
- Tüm amaçlar incelendiğinde, GDM depo olanakları parametresinin 0,67 seçilmesi tavsiye edilmektedir. Bununla birlikte bu parametre, açılan GDM sayıları üzerinde çok yüksek duyarlılığa sahiptir ve 0,67'den 0,6793'e arttırıldığında açılan GDM sayısında yaklaşık %35 düşüş yaratmaktadır. Bu nedenle karar vericinin, GDM sayılarının azaltılması ile ilgili bir tercihi bulunuyorsa bu durumu da dikkate alabilir. Bununla birlikte bu parametrenin bahsedilen artışıyla, parametrenin talep karşılama oranları açısından ortalama ürün taşıma uzaklığında ve özellikle ortalama DM performans değerinde yarattığı değişimler göz önünde bulundurulmalıdır.
- İstanbul uygulaması için açılan ADM'lerin en az birinin havaalanına olması istenen maksimum uzaklığı parametresinin tüm talep karşılandığında 11,5 km; diğer durumlarda ise 8 km olarak seçilmesi önerilmektedir.
- Açılan ADM'lerin en az bir tanesinin limana olması istenen maksimum uzaklığı parametresi, her mahalleden %80-100 arası talep karşılandığında 13 km; %70 talep karşılandığında ise 10 km olarak tercih edilmelidir.
- Bir ADM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresi her mahalleden %90 talep karşılandığında %50, diğer talep karşılama oranlarında ise % 60 tercih edilmelidir.
- Bir GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresi %30 seçilmelidir.

- Tüm İstanbul uygulaması için yapılan ADM duyarlılık analizlerinde, 4 adet ADM açılmasının yeterli olduğu görülmektedir. Bununla birlikte özellikle her mahalleden en az %70 karşılanması durumunda model, ortalama ağırlıklı uzaklığı azaltmak ve toplam talebi arttırabilmek adına 5 veya 6 adet ADM açılmasını tercih edebilir. Bu durumlarda az da olsa GDM sayılarında bir artış yaşanacaktır.
- Açılacak en fazla GDM sayısı incelendiğinde; ADM sayıları açısından 140 GDM açılmasının kritik nokta olduğu söylenebilir. Ayrıca her mahalleden %90 talep karşılanma durumunda 150 GDM açılması ve %80 talep karşılanma durumunda 120 GDM açılması ortalama taşıma uzaklığını oldukça arttırmaktadır ve karar vericiler tarafından tercih edilmemelidir. Ayrıca GDM sayılarının 130-170 arasındaki artışı DM performans değerinde düşüş yaratmaktadır. Buna göre açılan GDM sayılarının 120-130 aralığında olması tercih edilebilir.
- Bir ürünün ADM ve talep noktası arasındaki ortalama taşıma uzaklığı, İstanbul uygulamasında 17 ve 25 km aralığında tercih edilmelidir. Her 3 parametre için de model sonuçları benzer sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte GDM sayısında yarattığı düşüş nedeniyle her bölgeden en az %70 talep karşılanması istendiğinde 15 km taşıma uzaklığı da tercih edilebilir.
- Ortalama DM performans değeri en düşük incelenen değer olan 0,5 tutulduğunda beklendiği gibi açılan DM sayısı en azdır. Bununla birlikte ortalama DM performansı, her mahalleden karşılanacak minimum talep oranına bağlı olarak model sonuçlarını etkilemektedir. Tüm talep karşılandığında ortalama DM performans değeri 0,68, her mahalleden %90 veya 70 talep karşılandığında 0,6; %80 talep karşılandığında 0,65; %60 talep karşılandığında ise 0,65-0,7 arasında istenen bir değer tercih edilebilir.

Bu sonuçlara göre İstanbul uygulamasında tüm talebin kapsanması, ortalama yürüme uzaklığı 5 km, açılan ADM'lerin en az yarısının depo olanakları performans değeri 0,63, açılan GDM'lerinin en az yarısının sahip olması istenen depo olanakları parametresi 0,67 seçilmiştir. Bir ADM ve GDM'nin açılması için gerekli en az kapasite kullanım oranı parametresi sırasıyla %60 ve %30; 1 adet ADM'nin limana ve havalimanına olması istenen maksimum uzaklığı sırasıyla 13 ve 11,5 km alınarak model çözülmüştür ve aşağıda verilen veriler elde edilmiştir.

Çizelge 6.5 : Önerilen parametreler için tüm İstanbul uygulaması model çözümü.

İncelenen Değer	Model Çözümü
Toplam Ağırlıklı Uzaklık / Ortalama Ürün Taşıma Uzaklığı	115.041.200 ürün.km / 26,37 km
Toplam DM Performans Değeri / Ortalama DM Performans Değeri	66,457 / 0,639
Toplam Karşılanmayan Talep / Karşılanan Talep Oranı	0 (%100)
Açılan ADM Sayısı	4 (ADM 1,2,19,20)
Açılan GDM Sayısı	100
Ortalama Yürüme Uzaklığı	3,886 km



Şekil 6.179 : Tüm İstanbul uygulaması önerilen parametreler ile açılan dağıtım merkezleri.

6.4 Senaryo Sonuçlarının Karşılaştırılması

Önceki bölümlerde verilen her üç senaryo analizi sonucu tüm talebin kapsanması durumu için elde edilen çözümler Çizelge 6.6’da verilmiştir. Buna göre Anadolu yakasındaki ADM’lerin kapasite kısıtından dolayı bu senaryoda tüm talebin kapsanması için model 3 adet ADM açma eğilimindedir. Avrupa yakası uygulamasında 2 adet ADM açılması yeterli görülürken tüm İstanbul uygulamasında ise 4 adet ADM açılmıştır. Tüm İstanbul uygulamasında Avrupa yakasındaki ADM’lerden Anadolu yakasındaki GDM’lere ürün transferi yapıldığı ve modelin bu nedenle ADM sayısını 4’te tuttuğu görülmektedir.

GDM sayıları açısından incelendiğinde Avrupa açılan GDM sayıları Anadolu yakasında açılanlardan yaklaşık iki kat fazladır. Bunun nedeni Avrupa yakasında afetten etkilenmesi beklenen nüfusun Anadolu yakasına kıyasla yaklaşık 2,5 kat fazla olmasıdır. Etkilenen nüfus sayısının artışı ile açılan GDM sayısı da artış göstermiştir. Bununla birlikte tüm İstanbul senaryosunda açılan GDM sayısı diğer çözümlerin toplamından 8 adet daha az GDM açılmıştır. Bunun nedeni de Anadolu yakasında açılan ADM sayısının 1 az olmasıdır.

Ortalama yürüme uzaklığı ve ortalama ürün taşıma uaklığı açısından ise her iki yakanın ayrı olarak DM yer seçim planlaması yapılması her iki yakaya kıyasla daha iyi sonuçlar vermektedir. Bunun nedeninin ise azalan DM sayıları olduğu söylenebilir. Ortalama DM performans değeri açısından ise çok az bir farkla da olsa tüm İstanbul uygulaması en iyi değeri almıştır. Bunda daha az sayıda da olsa performans değeri yüksek DM'lerin seçilmesi etkili olmuştur.

Çizelge 6.6 : Tüm talep karşılanması durumu için önerilen model çözümleri.

İncelenen Değer	Anadolu Yakası Model Çözümü	Avrupa Yakası Model Çözümü	Tüm İstanbul Model Çözümü
Toplam Ağırlıklı Uzaklık/ Ortalama Ürün Taşıma Uzaklığı	21.095.130 ürün.km / 15,85 km	11.226.370 ürün.km/ 3,7 km	115.041.200 ürün.km/ 26,37 km
Toplam DM Performans Değeri / Ortalama DM Performans Değeri	23,928/ 0,6135	47,028/0,6355	66,457/0,639
Toplam Karşılanmayan Talep /Karşılanan Talep Oranı	0 (%100)	0 (%100)	0 (%100)
Açılan ADM Sayısı	3	2	4
Açılan GDM Sayısı	36	72	100
Ortalama Yürüme Uzaklığı	3,571 km	3,345 km	3,886 km



7. SONUÇLAR

Günümüzde doğal ve/veya insan kaynaklı felaketler sonucunda hala binlerce insan hayatını kaybetmekte ve milyonlarca insan da bu afetlerden etkilenmektedir. Bu nedenle, bu alanda iyileştirme yapılması gerekliliği açıktır ve yazında da insani yardım lojistiği ve afet yönetimi ile ilgili dağıtım merkezi, barınak yer seçimi, tahliye rotasının planlanması, ürün çizelgelemesi, kavramsal çalışmalar gibi farklı alanlarda çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda matematiksel, stokastik ve sezgisel modeller, karar destek sistemleri gibi farklı yöntemler kullanılmıştır.

İnsani yardım lojistiği çalışmalarında, afet öncesi incelenmesi gereken en önemli konularından biri de afet yardım operasyonlarında kullanılacak dağıtım merkezlerinin yer seçimidir ve bu aşamada; su, yiyecek, medikal malzeme, ekipman ve diğer ihtiyaç duyulan insani yardım malzemelerinin dağıtımını sağlayan bir ağ tasarlanmasını amaçlanmaktadır. İnsani yardım organizasyonları genellikle, tedarikçilerden temin edilen gerekli yardım malzemelerini ve donanımları öncelikle ADM'lerde depolamakta ve sınıflandırmaktadır. Ana dağıtım merkezleri afet yardım malzemelerinin tedarik ve koordinasyon merkezi olarak görev almakta olup ürünlerin buradan geçici dağıtım merkezlerine gönderilmekte ve buradan afetzedelere ulaştırılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, olası bir deprem durumunda yardım malzemelerinin taşınmasında kullanılacak ana ve geçici dağıtım merkezlerinin yer seçimine odaklanılmıştır. Bu amaçla, ÇÖKV modeli ve Karma Tam sayılı Matematiksel Modelin kullanıldığı iki aşamalı bir yapı oluşturulmuştur. ÇÖKV modelinde, temel olarak ADM ve GDM'ler için hem niteliksel hem de niceliksel açıdan kriterler ayrı olarak belirlenmiş ve ÇÖKV modeli sonucunda her aday DM için istenen kriterleri ne kadar karşıladığını gösteren bir performans değeri hesaplanmıştır. İkinci aşamada ise çok amaçlı karma tam sayılı bir matematiksel model kurulmuştur. Bu modelde afet bölgesindeki talebin maksimum oranda karşılanmasının ve açılacak ADM ve GDM'lerin performans değerlerinin enbüyüklenmesinin yanında, ilgili yardım malzemelerinin afetzedelere ulaştırılmasındaki ağırlıklı uzaklığı ile açılacak GDM ve

ADM sayılarının minimize edilmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte afetzedelerin GDM'lere olan yürüme uzaklığının da minimize edilmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda yazında ADM ve GDM yer seçimi için kullanılan kriterler her iki tür DM için de ayrı olarak belirlenmiştir. Ardından Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve İstanbul Valiliği'nden yetkilileri ile görüşülerek uygulamadaki afet öncesi hazırlıklar ve afet sonrası planlarla ilgili bilgi alınarak, yazından elde edilen kriterler revize edilmiştir. Bu düzenlemenin ardından ise çok kriterli karar modelinde ve çok amaçlı karma tam sayılı matematiksel modelde kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Bu çalışmada, Aralık Bulanık Tip-2 AHS ve TOPSIS'ten oluşan çok kriterli karar verme modeli ile her aday ADM ve GDM noktasının performans değeri belirlenmiş olup daha sonra bu değerler çok amaçlı programlama modelinde kullanılmıştır. Bu doğrultuda önerilen modelin İstanbul ili için bir uygulaması yapılmış ve olası senaryolar belirlenerek model sonuçları farklı senaryolar ve parametreler için analiz edilmiştir.

ÇÖKV modelinde yapılan kriter ağırlıklandırma çalışmasına göre ADM yer seçiminde en önemli ana kriterler sırasıyla ulaşım, altyapı, güvenlik ve maliyettir. Buna göre ürünlerin kaynak noktalardan ADM'lere ulaştırılması, en önemli konu olarak görülmektedir. Ardından ise bu teslim alınan ürünlerin ADM'lerde uygun depo altyapısına sahip tesislerde bozulmadan saklanması ve istenildiğinde kolayca ulaşılması istenmektedir. Bununla birlikte bu saklanan ürünlerin güvenliğinin sağlanması, bu işlemlerin maliyetine kıyasla daha önemli olarak görülse de aradaki fark oldukça azdır. GDM yer seçimindeki en önemli bulunan kriterler sırasıyla maliyet, depo olanakları ve güvenlidir. Afet sonrasında açılacak veya kullanılacak GDM sayısı, ADM sayısına kıyasla çok yüksek olacağından, karar vericilerin maliyet kriterine çok daha fazla odaklanmış olabilecekleri değerlendirilmektedir.

Önerilen matematiksel modelde DM'ler arası ulaşım rotalarının açık ve kullanılabilir olduğu varsayılmıştır. Benzer şekilde liman, havaalanı gibi yapılar ile kritik öneme sahip ulaşım noktalarının depreme karşı güçlendirme çalışmalarının yapıldığı ve tüm bu elemanların afet sonrasında işler durumda olduğu kabul edilmektedir. Benzer şekilde DM'lerin de afet öncesinde güçlendirme çalışmalarının yapıldığı ve gerekli diğer önemler alınarak afet sonrası hasar almadıkları varsayılmıştır. Buna paralel olarak da yapılan uygulama çalışmasında İstanbul İl Afet Müdahale Planı gereği ADM ve GDM'den sorumlu hizmet grubunun afet sonrası en erken 12 saat sonra

toplanabileceği, afet sonrası en geç 3 gün (72 saat) içinde de talep ve ihtiyaçların belirlenip ADM ve GDM'lerin işler hale getirildiği kabul edilmiştir. Ayrıca bu çalışma ile belirlenen ADM ve GDM noktaları arasındaki rotaların açılması öncelikli yollar olarak kabul edilip 72 saat içerisinde varsa hasar alan/kapanan rotaların açılacağı ve DM'ler arası ürün transferinde aksama olmayacağı varsayılmıştır. Olası bir depremin boyutunu ve şiddetini kestirmek mümkün olmadığından İBB-JICA (2002) raporunda verilen en kötü senaryo olan Model C'nin gerçekleşeceği kabul edilmiş ve afet sonrası talep tahmini bu senaryo ve rapordaki talep varsayımına göre yapılmıştır. Ayrıca İstanbul ilinde Anadolu ve Avrupa yakası arasında bağlantı kuran köprü ve tünellerin meydana gelebilecek depremden hasar alarak kullanılamaz duruma gelmesi halinde, ilgili rotaların 72 saat içinde açılması varsayımının gerçekleşmesi mümkün olmayacaktır. Bu durumda iki yaka arasında ulaşım kopacağından, Avrupa ve Anadolu yakaları arasında ürün gönderimi yapılamayan ve her iki yakanın kendi içerisinde DM belirleme çalışmalarının yapıldığı senaryolar oluşturularak çalışmaya eklenmiştir.

Uygulama çalışmasında alternatif olarak belirlenen DM noktalarına 13 km'den daha fazla uzaklıkta olan talep noktaları, afetzedelerin ulaşımı neredeyse imkansız olacağından, uygulama kapsamına dahil edilmemiştir. Benzer şekilde İstanbul Adalar ilçesi ürün transferi açısından ayrı bir planlama gerektireceğinden uygulama çalışmasında dikkate alınmamıştır. Kapsam dışı bırakılan bu bölgeler için yöneticiler / karar vericiler tarafından ayrı bir planlama yapılmalıdır.

Uygulama çalışması kapsamında modelde kullanılacak parametreleri belirlemek için senaryo ve duyarlılık analizleri yapılmıştır. Sunulan üç senaryonun çözüm sonuçları aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

Bu uygulama çalışmasına benzer olarak Görmez ve diğ. (2011) İstanbul için DM yer seçimi yapmış ve hem ADM hem de GDM'ler birlikte ele alınmıştır. Benzer şekilde JICA (2002) raporundaki olası hasar verileri ve senaryoları talep tahmininde dikkate alınmıştır. Bu tez çalışmasında, Görmez ve diğ (2011)'nin çalışmalarında dikkate alınan eski nüfus, bina bilgisi vb. İstanbul verileri güncellenmiş, yeni DM alternatifleri sunulmuş, uygulama için gerçek hayatla daha uyumlu olarak hem ADM hem de GDM kapasiteleri dikkate alınmıştır. Aynı zamanda İstanbul'da iki yaka arasında ulaşımın aksayabileceği dikkate alınarak farklı senaryolar oluşturulmuştur. Bununla birlikte, Görmez ve diğ (2011)'nin senaryolarında farklı modellerle ve ayrı olarak incelenen amaçlar, bu çalışmada tek bir modelde ele alınmıştır. Böylece kullanıcı/karar verici

tüm amaçları birlikte değerlendirebilecektir. Ayrıca 2011 yılındaki çalışmada elde edilen ortalama uzaklık ve DM'lerin hizmet verebildiği uzaklık sonuçları bu çalışmada çok büyük oranda iyileştirilmiştir. Ek olarak, bu çalışmada adil dağıtım, güvenlik, tedarik noktalarına uzaklık, DM depo ve ofis olanakları gibi çok farklı kriterler dikkate alınarak daha detaylı bir yer seçim çalışması yapıldığı söylenebilir.

Bu tez çalışmasındaki önerilen yöntemin farklı uygulamalarda kullanımı ve gelecek çalışmalarda yapılabileceklerle ilgili öneriler aşağıda verilmiştir.

1. Bu tez çalışmasındaki uygulamada, parametrelerin belirlenmesi adına yapılan senaryo ve duyarlılık analizleri aşamasında, karar verici sayısı artırılarak ve konuyla ilgili karar vericilerin de sürecin içine katıldığı interaktif bir yöntem tasarlanarak İstanbul uygulaması yapılabilir.
2. Karar hiyerarşisinde kriterlerin ve kriter ağırlıklarının belirlenmesinde veri alınan uzman sayısı artırılarak görüşler daha da çeşitlendirilebilir.
3. İstanbul dışındaki farklı bir şehir için önerilen model kullanılmak istendiğinde bu çalışmaya benzer bir yöntem izlenerek parametreler belirlenebilir. Bununla birlikte maksimum ortalama yürüme uzaklığı parametresi başta olmak üzere tüm parametreler, uygulamanın yapılacağı şehre göre güncellenmelidir. Ayrıca senaryolar belirlenirken, yine hasar alması sonucu ulaşımı ciddi şekilde etkileyecek köprü veya tüneller dikkate alınabilir. Aynı zamanda uygulamanın yapılacağı şehir için ADM tedarik noktaları olarak liman ve havalimanı bulunmuyorsa, model kısıtları buna göre revize edilebilir.
4. Bu tez çalışmasında taktiksel seviyede, afet yardım ürünlerinin bir şehir içerisindeki dağıtımı için DM yer seçimi yapılmıştır. Bu nedenle ülke içerisinde yardım ürünlerinin daimi olarak depolandığı kalıcı depoların yer seçimi veya insani yardım organizasyonlarının uluslararası dağıtım merkez yer seçimi için bu model kullanılamaz.
5. İl bazında gerçekleşecek heyelan, kuraklık, sel gibi farklı afetlerin meydana geldiği durumlar da taktiksel seviyede karar verme aşamasında, önerilen model kullanılabilir. Bununla birlikte sel veya tsunami durumunda afetzedelerin bulunduğu yerden ayrılmaları gerekeceğinden, talep noktalarının belirlenmesi aşamasında bu durum dikkate alınmalıdır.

6. Gelecek çalışmalarda karar hiyerarşisinde kriter ağırlıklarının belirlenmesinde veri alınan uzman sayısı artırılarak görüşler daha da çeşitlendirilebilir ve böylece daha güvenilir sonuçlar elde edilebilir.
7. ÇÖKV modelinde, DM performans değerlerinin belirlenmesi aşamasında nütrosifik bulanık kümeler (Abdel-Basset ve diğ., 2019), pisagor bulanık kümeler (Yu ve diğ., 2019) veya birikimli kanı derecesi (Ervural ve Kabak, 2019) gibi farklı yöntemler kullanılabilir.
8. Matematiksel modelde talep veya seçilen parametreler bulanık mantık yaklaşımı ile ele alınabilir. Farklı yöntemlerle elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak oluşan farklılıklar incelenebilir.
9. Matematiksel modelde parametrelerdeki belirsizliklerin daha iyi belirtilebilmesi için matematiksel model de bulanıklaştırılabilir. Bu bağlamda, talepteki ve karar vericilerin belirlediği parametrelerdeki belirsizlikte de bulanık kümeler kullanılarak matematiksel modele eklenebilir. Bu aşamada daha önce belirtilen bulanık kümelere ek olarak kararsız bulanık (Rodriguez ve diğ., 2011) ve sezgisel bulanık kümeler (Xu, 2007) de kullanılabilir.
10. İlerleyen çalışmalarda DM'ler ve talep noktaları arasında belirlenen yolların ve DM'lerin de afetten etkilenme dereceleri dikkate alınabilir.
11. Talep noktalarındaki afetzedelerin kendilerine atanan dışındaki farklı DM'lere gitmesi gibi davranışsal çalışmalar da yapılabilir.



KAYNAKLAR

- Abdel-Basset, M., Saleh, M., Gamal, A. & Smarandache, F.** (2019). An approach of TOPSIS technique for developing supplier selection with group decision making under type-2 neutrosophic number, *Applied Soft Computing*, 77, 438-452.
- Abounacer, R., Rekik, M. & Renaud, J.** (2014), An exact solution approach for multi-objective location-transportation problem for disaster response, *Computers and Operations Research*, Vol. 41, pp. 83-93.
- Afshar, A., Haghani, A.** (2012). Modeling integrated supply chain logistics in real-time large-scale disaster relief operations. *Socioecon. Plann. Sci.* 46, 327–338. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.12.003>
- Ahmadi, M., Seifi, A. & Tootooni, B.** (2015). A humanitarian logistics model for disaster relief operation considering network failure and standard relief time: A case study on San Francisco district, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 75, pp. 145–163. doi: 10.1016/j.tre.2015.01.008.
- Akgün, İ., Gümüşbuğa, F. & Tansel, B.** (2015). Risk based facility location by using fault tree analysis in disaster management, *Omega*, 52, pp. 168–179. doi: 10.1016/j.omega.2014.04.003.
- Aksu, D. T. & Ozdamar, L.** (2014). A mathematical model for post-disaster road restoration: Enabling accessibility and evacuation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 61, 56–67.
- Altay, N. & Green, W. G.** (2006). OR/MS research in disaster operations management', *European Journal of Operational Research*, 175(1), pp. 475–493. doi: 10.1016/j.ejor.2005.05.016.
- Balcik, B. & Beamon, B. M.** (2008). Facility location in humanitarian relief, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 11, pp. 101–121. doi: 10.1080/13675560701561789.
- Balcik, B., Beamon, B.M. & Smilowitz, K.** (2008). Last mile distribution in humanitarian relief, *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations*, Vol. 12,2, pp. 51-63, doi: 10.1080/15472450802023329<http://dx.doi.org/10.1080/15472450802023329>.
- Balcik, B., Beamon, B.M., Krejci, C.C., Muramatsu, K.M. & Ramirez, M.** (2010). Coordination in humanitarian relief chains: practices, challenges and opportunities, *International Journal of Production Economics*, Vol.126, pp. 22-34, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.09.008>.

- Barzinpour, F., Saffarian, M., Makoui, A., Teimoury, E.** (2014). Metaheuristic Algorithm for Solving Biobjective Possibility Planning Model of Location-Allocation in Disaster Relief Logistics. *J. Appl. Math.*, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2014/239868>
- Baskaya, S., Ertem, M.A. & Duran, S.** (2017). Pre-positioning of relief items in humanitarian logistics considering lateral transshipment opportunities, *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 57, pp. 50-60.
- Bastos, M.A.G., Campos, V.B.G., de Mello Bandeira, R.A** (2014). Logistic processes in a post-disaster relief operation. *Procedia – Soc. Behav. Sci.* 10.1016/j.sbspro.2014.01.152
- Bell, M.G.H., Fonzone, A. & Polyzoni, C.** (2014). Depot location in degradable transport networks, *Transportation Research Part B*, Vol. 66, pp. 148-161.
- Ben-Tal, A., Chung, B. D., Mandala, S. R., Yao, T.** (2011). Robust optimization for emergency logistics planning: Risk mitigation in humanitarian relief supply chains. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(8),1177–1189.
- Berkoune, D., Renaud, J., Reki & M., Ruiz, A,** (2012). Transportation in disaster response operations. *Socio-Economic Planning Sciences* 46, 23-32.
- Boonmee, C., Arimura, M. & Asada, T.** (2017). Facility location optimization model for emergency humanitarian logistics. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 24, 485–498. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.01.017>
- Bozorgi-Amiri, A. & Asvadi, S.** (2015). A prioritization model for locating relief logistic centers using analytic hierarchy process with interval comparison matrix. *Knowledge-Based Systems*, 86, 173-181.
- Bozkurt, M. & Duran, S.** (2012). Effects of natural disaster trends: a case study for expanding the pre-positioning network of CARE International. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9, 2863–2874.
- Brito, I. Jr, Leiras, A. & Yoshizaki, H.T.Y.** (2016). Multimethodology applied to pre-positioning of disaster relief supplies, *POMS 2016. Proceedings of Production and Operations Management Society*, Orlando FL.
- Buckley, J.J.** (1985). *Fuzzy hierarchical analysis*, Fuzzy Sets Systems, Vol. 17, pp. 233-247.
- Camacho-Vallejo, J.-F., González-Rodríguez, E., Almaguer, F.-J. & González-Ramírez, R.G.** (2015). A bi-level optimization model for aid distribution after the occurrence of a disaster. *J. Clean. Prod.* 105, 134–145. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.069>
- Campos, V., Bandeira, R. & Bandeira, A.** (2012). A Method for Evacuation Route Planning in Disaster Situations. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, 503–512.
- Canbolat, M.S. & Von Massow, M.** (2011). Locating emergency facilities with random demand for risk minimization. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 10099–10106.

- Cao, C., Li, C., Yang, Q., Liu, Y. & Qu, T.** (2018). A novel multi-objective programming model of relief distribution for sustainable disaster supply chain in large-scale natural disasters, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 174, pp. 1422-1435.
- Caunhye, A.M., Nie, X. & Pokharel, S.** (2012). Optimization models in emergency logistics: a literature review, *Socioeconomics Planning Science*, Vol. 46, pp. 4-13, doi: 10.1016/j.seps.2011.04.004 <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.04.004>.
- Cavdur, F., Kose-Kucuk, M. and Sebatli, A.** (2016). Allocation of temporary disaster response facilities under demand uncertainty: an earthquake case study, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 19, pp. 159-166.
- Celik, E. & Akyuz, E.** (2018) An interval type-2 fuzzy AHP and TOPSIS methods for decision-making problems in maritime transportation engineering: The case of ship loader, *Ocean Engineering*, 155, pp. 371–381. doi: 10.1016/j.oceaneng.2018.01.039.
- Celik, E. & Gumus, T.A.** (2016). An outranking approach based on interval type-2 fuzzy sets to evaluate preparedness and response ability of non-governmental humanitarian relief organizations, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 101, pp. 21-34, doi: 10.1016/j.cie.2016.08.020 <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.08.020>.
- Cevik Onar, S., Oztaysi, B. & Kahraman, C.** (2014). Strategic decision selection using hesitant fuzzy TOPSIS and interval type-2 fuzzy AHP: a case study”, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, Vol. 7, pp. 1002-1021, doi: 10.1080/18756891.2014.964011
- Chaghooshi, A. J., Janatifar, H. & Dehghan, M.** (2014). An application of AHP and similarity-based approach to personnel selection. *International Journal of Business Management and Economics*, 1(1), 24-32.
- Chakravarty, A. K.** (2014). Humanitarian relief chain: Rapid response under uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 151, 146-157.
- Charnes, A., Cooper, W. W. & Ferguson, R.** (1955) Optimal estimation of executive compensation by linear programming, *Management Science*, 1, 138-151.
- Chang, M.S., Tseng, Y.L. & Chen, J.W.** (2007). A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty, *Transportation Research Part E*, Vol. 43, pp. 737-754.
- Chang, F. S., Wua, J. S., Lee, C. N. & Shen, H. C.** (2013). Greedy-search-based multiobjective genetic algorithm for emergency logistics scheduling. *Expert Systems with Applications*, 41(6), 2947–2956.
- Chen, S.M. & Lee, L.W.** (2010). Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the interval type-2 TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 37(4), pp. 2790–2798. doi: 10.1016/j.eswa.2009.09.012.

- Chen, M. & Tzeng, G.** (2004). Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country, *Mathematical and Computer Modelling* 40 (13), 1405-1525.
- Cho, K. T.** (2003). Multicriteria Decision Methods: An Attempt to Evaluate and Unify, *Mathematical and Computer Modelling*, 37(9-10), 1099-1119.
- Church, R. & ReVelle, C.** (1974). The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association* 32, 101–118.
- Coles, J. B., Zhuang, J. & Yates, J.** (2012). Case study in disaster relief: A descriptive analysis of agency partnerships in the aftermath of the January 12th, 2010 Haitian earthquake. *Socio-Economic Planning Sciences*. 46. 67-77.
- Collins, A.E.** (2013). Applications of the disaster risk reduction approach to migration influenced by environmental change. *Environmental Science & Policy*, 27 (1), 112-125.
- Condeixa, L.D., Leiras, A., Oliveira, F. & de Brito, I.** (2017). Disaster relief supply pre-positioning optimization: a risk analysis via shortage mitigation, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 25, pp.238-247, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.09.007>
- Costa, S.R.A., Campos, V.B.G. & Bandeira, R.A.D.M.** (2012). Supply Chains in Humanitarian Operations: Cases and Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, 598–607.
- Cozzolino, A.** (2012) Humanitarian Logistics. In Cozzolino, A. (Ed.) *Humanitarian Logistics and Supply Chain Management in Humanitarian Logistics* (pp. 5-15). SpringerBriefs in Business, DOI: 10.1007/978-3-642-30186-5_2,
- Das, R. & Hanaoka, S.** (2014). Relief inventory modelling with stochastic lead-time and demand. *European Journal of Operational Research*, 235,616-623.
- Davis, L. B., Samanhoğlu, F., Qua, X. & Root, S.** (2013). Inventory planning and coordination in disaster relief efforts. *International Journal of Production Economics*, 141(2), 561–573.
- de la Torre, L.E., Dolinskaya, I.S. & Smilowitz, K.R.** (2012). Disaster relief routing: Integrating research and practice. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.06.001>
- Drezner, T., Drezner, Z. & Salhi, S.** (2006). A multi-objective heuristic approach for the casualty collection points location problem. *Journal of the Operational Research Society* 57. 727–734.
- Ecer, F.** (2006), Bulanık Ortamlarda Grup Karar Vermeye Yardımcı Bir Yöntem: Fuzzy TOPSIS ve Bir Uygulama, *İşletme Fakültesi Dergisi*, 7, No:2, 77 -96.
- Elif, İ.** (2009). Yönetim ve Organizasyon, 10. Baskı, Alfa Aktüel, İstanbul.
- Edrissi, A., Poorzahedy, H., Nassiri, H. & Nourinejad, M.** (2013). A multi-agent optimization formulation of earthquake disaster prevention and management. *European Journal of Operational Research* 229. 261–275.

- Ebrahimi, M. & Mirzayi Modam, M.** (2016). Selecting the best zones to add new emergency services based on a hybrid fuzzy MADM method: a case study for Tehran, *Safety Science*, Vol. 85, pp. 67-76, doi: 10.1016/j.ssci.2015.10.011 <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.10.011>.
- Elçi, O. & Noyan, N.** (2018). A chance-constrained two-stage stochastic programming model for humanitarian relief network design, *Transportation Research Part B*, Vol. 108, pp. 55-83.
- Erdik, M. & Durukal, E.** (2008). Earthquake risk and its mitigation in Istanbul, *Natural Hazards*, Vol. 44, pp. 181-97.
- Ergun, Ö., Stamm, J. L. H., Keskinocak, P. & Swann, J. L.** (2010). Waffle House Restaurants hurricane response: A case study. *International Journal of Production Economics*, 126(1), 111–120.
- Ertem, M. A., Buyurgan, N. & Pohl, E. A.** (2012). Using announcement options in the bid construction phase for disaster relief procurement. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 306–314.
- Ervural, B. & Kabak, O.** (2019). A cumulative belief degree approach for group decision-making problems with heterogeneous information, *Expert Systems*, 36- 6, e12458, doi: 10. 1111/exsy.12458.
- Fakhry, H.** (2010), A Fuzzy Logic Based Decision Support System for Business Situation Assessment and E-Business Models Selection, *Communications of The IIMA*, 10, No. 4, 61-75.
- Falasca, M. & Zobel, C.** (2012). An optimization model for volunteer assignments in humanitarian organizations. *Socio-Economic Planning Sciences* 46, 250-260.
- Fikar, C., Gronalt, M. & Hirsch, P.** (2016). A decision support system for coordinated disaster relief distribution, *Expert Systems with Applications*, Vol. 57, pp. 104-116, doi: 10.1016/j.eswa.2016.03.039 <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.03.039>.
- Florez, J.V., Lauras, M., Okongwu, U. and Dupont, L.** (2015). A decision support system for robust humanitarian facility location, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 46, pp. 326-335.
- Fritz Institute** (2004). *Proceedings of Humanitarian Logistics Conference 2004*. Retrieved May 10, 2020, from: <http://www.fritzinstitute.org/prgSC-HLC2004-proceedings.htm>
- Galindo, G. & Batta, R.** (2013). Prepositioning of supplies in preparation for a hurricane under potential destruction of prepositioned supplies, *Socioeconomics Planning Science*, Vol. 47, pp. 20-37, doi: 10.1016/j.seps.2012.11.002 <https://doi.org/10.1016/j.seps.2012.11.002>.
- García, S & Marín, A.** (2015). Location Science. In G. Laporte, S. Nickel, Gama, F.S.D (Eds). *Covering Location Problems* (pp.93-114). Retrieved from <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-13111-5>
- Gatignon, A., Van Wassenhove, L.N. & Charles, A.** (2010). The Yogyakarta earthquake: Humanitarian relief through IFRC's decentralized supply chain. *International Journal of Production Economics*, 126(1), 102–110.

- Görmez, N., Köksalan, M. & Salman, F. S.** (2011). Locating disaster response facilities in Istanbul, *Journal of the Operational Research Society*, 62, pp. 1239–1252. doi: 10.1057/jors.2010.67.
- Gözaydın, O. & Can, T.** (2013). Deprem yardım istasyonları için lojistik merkezi seçimi: Türkiye örneği, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 6 (2), 17-31.
- Günneç, D., & Salman, F. S.** (2011). Assessing the reliability and the expected performance of a network under disaster risk. *OR spectrum*, 33(3), 499-523.
- Green, W.G., III**, (2002). Four phases of emergency management. Electronic Encyclopedia of Civil Defense and Emergency Management. Available from: <<http://www.richmond.edu/~wgreen/encyclopedia.htm>>.
- Gutjahr, W.J. & Dzubur, N.** (2016). Bi-objective bilevel optimization of distribution center locations considering user equilibria, *Transportation Research Part E*, Vol. 85, pp. 1-22.
- Gutjahr, W.J. & Nolz, P.C.** (2016). Multicriteria optimization in humanitarian aid, *European Journal of Operational Research*, Vol. 252, pp. 351-366, doi: 10.1016/j.ejor.2015.12.035 <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.035>.
- Hadiguna, R.A., Kamil, I., Delati, A. & Reed, R. G.** (2014). Implementing a web-based decision support system for disaster logistics: A case study of an evacuation location assessment for Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 9, 38–47.
- Hahn, E. D.** (2003) Decision Making with Uncertain Judgments: A Stochastic Formulation of The Analytic Hierarchy Process, *Decision Sciences*, 34(3), 2003.
- Hamed, M., Haghani, A. & Yang, S.** (2012). Reliable Transportation of Humanitarian Supplies in Disaster Response: Model and Heuristic. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, 1205–1219.
- Hakimi, S.L.** (1965). Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems, *Operations Research* 13 (3), 462–475.
- Hammond, J.S., Keeney, R.L. & Raiffa, H.** (1998). Karar Verme Sanatı, 1. Basım (Çeviren Şebnem Özkan). Beyaz Yayınları, İstanbul.
- Hasani, A. & Mokhtari, H.** (2018). Redesign strategies of a comprehensive robust relief network for disaster management, *Socio-Economic Planning Sciences*, <https://doi.org/10.1016/j.seps.2018.01.003>
- Heaslip, G., Sharif, A.M. & Althonayan, A.** (2012). Employing a systems-based perspective to the identification of inter-relationships within humanitarian logistics. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 377–392.
- Ho, W., Dey, P. K. & Higson, H. E.** (2006). Multiple criteria decision-making techniques in higher education. *International Journal of Educational Management*, 20(5), 319-337.

- Holguín-Veras, J., Jaller, M., Van Wassenhove, L.N.** (2012). On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. *Journal of Operations Management*, 30(7-8), 494–506.
- Holguín-Veras, J., Jaller, M. & Wachtendorf, T.** (2012). Comparative performance of alternative humanitarian logistic structures after the Port-au-Prince earthquake: ACEs, PIEs, and CANs, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(10), pp. 1623–1640. doi: 10.1016/j.tra.2012.08.002.
- Holguín-Veras, J., Pérez, N., Jaller, M., Van Wassenhove, L. N. & Aros-Vera, F.** (2013). On the appropriate objective function for post-disaster humanitarian logistics models, *Journal of Operations Management*, 31(5), pp. 262–280. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2013.06.002>
- Hu, Z. H., & Sheu, J. B.** (2013). Post-disaster debris reverse logistics management under psychological cost minimization. *Transportation Research Part B: Methodological*, 55, 118-141.
- Huang, M., Smilowitz, K., Balcik, B.** (2012). Models for relief routing: Equity, efficiency and efficacy. *Transportation Research Part E : Logistics and Transportation Review* 48. pp. 2–18.
- Hwang, C.L. & Yoon, K.** (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications a State-Of-The-Art Survey*, Springer-Verlag, New York.
- İBB-JICA Raporu** (2002). İstanbul Büyükşehir Belediyesi-Japan International Cooperation Agency, *Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması*. <http://ibb.gov.tr/sites/akom/documents/JICA-TUR.pdf>
- İvgin, M.** (2013). The decision-making models for relief asset management and interaction with disaster mitigation. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 5,107–116.
- Jia, H., Ordóñez, F. & Dessouky, M.** (2007). A modeling framework for facility location of medical services for large-scale emergencies. *IIE Transactions*, 39, 41–55.
- Kahraman, C., Cebeci, U. & Ulukan Z.** (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP, *Logistics Information Management*, 16(6), 382-394.
- Kahraman, C., Öztayşi, B., Uçal Sarı, İ., Turanoğlu, E.** (2014). Fuzzy analytic hierarchy process with interval type-2 fuzzy sets. *Knowl.-Based Syst.* 59, 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.02.001>
- Karnik, N.N. & Mendel, J.M.** (2001). Operations on type-2 fuzzy sets, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 122, pp. 327-348
- Kaya, Ö.O.** (2010). Bulanık hedef programlama yaklaşımı ile tedarikçi seçimi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kaynak, R. & Tuğer, A.T.** (2014). Coordination and Collaboration Functions of Disaster Coordination Centers for Humanitarian Logistics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 109, 432-437.

- Kilci, F., Kara, B.Y. & Bozkaya, B.** (2015). Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey. *European Journal of Operational Research*, 243, 323–332.
- Kunz, N., Reiner, G. & Gold, S.** (2014). Investing in disaster management capabilities versus pre-positioning inventory: A new approach to disaster preparedness. *International Journal of Production Economics*, 157, 261–272.
- Lassiter, K., Alwahishie, A. & Taaffe, K.** (2014). Improving Volunteer Productivity and Retention during Humanitarian Relief Efforts, *International Journal of Supply Chain. Management*, 3(2), pp. 1–10.
- Lawler, G. F.** (2006) Introduction to Stochastic Processes, Chapman & Hall/CRC Taylor & Francis Group, Second Edition
- Lee S.M. & Olson D.L.** (1999) Goal Programming. In: Gal T., Stewart T.J., Hanne T. (Eds.) Multicriteria Decision Making. *International Series in Operations Research & Management Science*, vol 21. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5025-9_8
- Le Pichon, X., Sengor, A.M.C., Demirbag, E., Rangin, C., Imren, C., Armijo, R., Gorur, N., Cagatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçilar, R. & Tok, B.** (2001). The active main Marmara fault, *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 192 No. 4, pp. 595-616
- Li, B., Hernandez, I., Milburn, A.B. & Ramirez-Marquez, J.E.** (2018). Integrating uncertain usergenerated demand data when locating facilities for disaster response commodity distribution, *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 62, pp. 84-103, doi: 10.1016/j.seps.2017.09.003.
- Li, A., Xu, N., Nozick, L. & Davidson, R.** (2011). Bilevel Optimization for Integrated Shelter Location Analysis and Transportation Planning for Hurricane Events. *Journal of Infrastructure Systems*, 17(4), 184–192.
- Liang, L., Wang, X. & Gao, J.** (2012). An option contract pricing model of relief material supply chain. *Omega* 40, 594–600.
- Liberatore, F., Ortuño, M. T., Tirado, G., Vitoriano, B., & Scaparra, M. P.** (2014). A hierarchical compromise model for the joint optimization of recovery operations and distribution of emergency goods in Humanitarian Logistics. *Computers & Operations Research*, 42, 3-13.
- Lin, Y.-H., Batta, R., Rogerson, P.A. & Blatt, A.** (2011). A logistic model for emergency supply of critical items in the aftermath of a disaster, *Socioeconomics Planning Science* 45 (4), 132-145. doi: 10.1016/j.seps.2011.04.003
- Lin, Y. H. Batta, R., Rogerson, P. A., Blatt, A. & Flanigan, M.** (2011). Application of a Humanitarian Relief Logistics Model to an Earthquake Disaster. *Socio-Economic Planning Sciences*. 132-145.
- Lin, Y.-H., Batta, R., Rogerson, P.A., Blatt, A. & Flanigan, M.** (2012). Location of temporary depots to facilitate relief operations after an earthquake, *Socioeconomics Planning Science*, Vol. 46, pp. 112-123, doi: 10.1016/j.seps.2012.01.001 <https://doi.org/10.1016/j.seps.2012.01.001>.

- Liu, Y., Leia, H., Zhang, D. & Wua, Z.** (2018). Robust optimization for relief logistics planning under uncertainties in demand and transportation time, *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 55, 262-280.
- Lodree, E.J., Ballard, K.N. & Song, C.H.** (2012). Pre-positioning hurricane supplies in a commercial supply chain. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 291–305.
- Lodree, E. J. & Taskin, S.** (2009). Supply chain planning for hurricane response with wind speed information updates. *Computers & Operations Research* 36, 2 – 15.
- Long, L.** (1989). Management Information Systems, Prentice Hall, U.S.A.
- Lu, C.C.** (2013). Robust weighted vertex p-center model considering uncertain data: An application to emergency management. *European Journal of Operational Research* 230, 113-121.
- Martinez, A. J. P., Stapleton, O. & Wassenhove, L. N. V.** (2011). Field vehicle fleet management in humanitarian operations: A case-based approach. *Journal of Operations Management* 29. 404–421.
- Massei, M, Poggi, S., Agresta, M. & Ferrando, A.** (2014). Development planning based on interoperable agent driven simulation. *Journal of Computational Science*, 5(3), 395-407.
- Mohammedi, R., Ghomi, S. M. T.F. & Jolai, F.** (2015) Pre-positioning emergency supplies for earthquake response: A new multi-objective particle swarm optimization algorithm. *Applied Mathematical Modelling* 40, 9-10.
- Moroto, H., Sakamoto, M. & Ahmed, T.** (2018). Possible factors influencing NGOs' project locations for disaster management in Bangladesh, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 27, 248-264, doi: 10.1016/j.ijdr.2017.10.011.
- Morrison J. L., Oladunjouye, G. T.,** (2013) An Analysis of Perceptions of Managers in Manufacturing Operations of Personal Engagement in Pre-Event Natural Disaster Planning, *International Journal of Business and Social Science*, 4 (4), 4-12.
- Murali, P., Ordóñez, F. & Dessouky, M.M.** (2012). Facility location under demand uncertainty: Response to a large-scale bio-terror attack. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), 78–87.
- Najafi, M., Eshghi, K. & Dullaert, W.** (2013). A multi-objective robust optimization model for logistics planning in the earthquake response phase. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 49(1), 217–249.
- Naji-Azimi, Z., Renaud, J., Ruiz, A. & Salari, M.** (2012). A covering tour approach to the location of satellite distribution centers to supply humanitarian aid, *European Journal of Operational Research*, Vol. 222, pp. 596-605, doi: 10.1016/j.ejor.2012.05.001
- Nijkamp, P. & Spronk, J.** (1978). Interactive multiple goal programming, *Serie Research Memoranda 0003*, VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics.

- Nikbakhsh, E. & Zanjirani Farahani, R.** (2011). Humanitarian Logistics Planning in Disaster Relief Operations. In *Logistics Operations and Management*. Elsevier, pp. 291–332. doi: 10.1016/B978-0-12-385202-1.00015-3.
- Noham, R. & Tzur, M.** (2018). Designing humanitarian supply chains by incorporating actual postdisaster decisions, *European Journal of Operational Research*, Vol. 265, pp. 1064-1077, doi: 10.1016/j.ejor.2017.08.042<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.08.042>.
- Noyan, N.** (2012). Risk-averse two-stage stochastic programming with an application to disaster management. *Computers & Operations Research*, 39(3), 541–559.
- Opricovic, S. & Tzeng, G.H.** (2004). Compromise Solution by MCDM methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445-455.
- Ortuño, M. T., Cristóbal, P., Ferrer, J. M., Martín-Campo, F. J., Muñoz, S., Tirado, G. & Vitoriano, B.** (2013). Decision Aid Models for Disaster Management and Emergencies. In, B. Vitoriano, J. Montero and D. Ruan (eds), *Decision Aid Models and Systems for Humanitarian Logistics. A Survey*, Vol.7, pp. 17-44, Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.2991/978-94-91216-74-9_2
- Ozguven, E.E. & Ozbay, K.** (2013). A secure and efficient inventory management system for disasters. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 29, 171–196.
- Özdamar, L. & Demir, O.** (2012). A hierarchical clustering and routing procedure for large scale disaster relief logistics planning. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(3), 591–602
- Özkan, M. M.** (1994). Çok Amaçlı Doğrusal Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama Denemesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Paul, N.R., Lunday, B.J. & Nurre, S.G.** (2017). A multiobjective, maximal conditional covering location problem applied to the relocation of hierarchical emergency response facilities, *Omega*, Vol. 66, pp. 147-158.
- Pöyhönen, M., Hämäläinen, R. P., & Salo, A. A.** (1997). An experiment on the numerical modeling of verbal ratio statements. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6, 1-10.
- Rahmani, D., Zandi, A., Peyghaleh, E., Siamakmanesh, N.** (2018). A robust model for a humanitarian relief network with backup covering under disruptions: A real world application. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 28, 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.02.021>
- Rancourt, M.-E., Cordeau, J.-F., Laporte, G. & Watkins, B.** (2015). Tactical network planning for food aid distribution in Kenya, *Computers and Operations Research*, Vol. 56, pp. 68-83, doi: 10.1016/j.cor.2014.10.018<https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.10.018>.

- Rath, S. & Gutjahr, W.J.** (2014). A math-heuristic for the warehouse location–routing problem in disaster relief, *Computers and Operations Research*, Vol.42, pp.25-39, doi: 10.1016/j.cor.2011.07.016
- Rawls, C.G. & Turnquist, M. A.** (2012). Pre-positioning and dynamic delivery planning for short-term response following a natural disaster. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), 46–54.
- Rekik M, Ruiz A, Renaud J, Berkoune D.** (2011). A decision support system for distribution network design for disaster response. *Working paper CIRRELT-2011-036*, Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation.
- Ren, X., Zhu, J. & Huang, J.** (2012). Multi-period dynamic model for emergency resource dispatching problem in uncertain traffic network. *Systems Engineering Procedia* 5, 37-42.
- Rennemo, S.J., Ro, K.F., Hvattum, L.M. & Tirado, G.** (2014). A three-stage stochastic facility routing model for disaster response planning, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 62, pp. 116-135.
- Rivera-Royero, D., Galindo, G. & Yie-Pinedo, R.** (2016), A dynamic model for disaster response considering prioritized demand points, *Socioeconomics Planning Science*, Vol. 55, pp. 59-75, doi: 10.1016/j.seps.2016.07.001 <https://doi.org/10.1016/j.seps.2016.07.001>.
- Rodríguez, J.T., Vitoriano, B. & Montero, J.** (2010). A Natural Disaster Management DSS for Humanitarian Non-Governmental Organisations. *Knowledge-Based Systems*, 23(1), 17-22. doi:10.1016/j.knosys.2009.07.009 (I.F JCR(2008): 0.924)
- Rodríguez, R.M., Martínez, L. & Herrera, F.** (2011), Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 20 No. 1, pp. 109-119.
- Roh, S., Jang, H. & Han, C.** (2013), Warehouse location decision factors in humanitarian relief logistics, *Asian Journal of Shipping Logistics*, Vol. 29, pp. 103-120, doi: 10.1016/j.ajsl.2013.05.006 <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2013.05.006>.
- Roh, S., Pettit, S., Harris, I. & Beresford, A.** (2015), The pre-positioning of warehouses at regional and local levels for a humanitarian relief organisation, *International Journal of Production Economics*, Vol. 170, pp. 616-628, doi: 10.1016/j.ijpe.2015.01.015 <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.01.015>.
- Rottkemper, B., Fischer, K. & Blecken, A.** (2012), A transshipment model for distribution and inventory relocation under uncertainty in humanitarian operations, *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 46 No. 1, pp. 98-109.
- Saaty, T.L.** (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T.L.** (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*, Vol 6, 1st edition, RWS Publications, Pittsburg.

- Saaty, T.L.** (2004). Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). *J. Syst. Sci. Syst. Eng.* 13, 1–35. <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5>
- Safaei, A.S., Farsad, S. & Paydar, M.M.** (2018). Robust bi-level optimization of relief logistics operations, *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 56, pp. 359-380.
- Salas, L. C., Cárdenas, M. R. & Zhang, M.** (2012). Inventory policies for humanitarian aid during hurricanes. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 272–280.
- Salman, F. S. & Yücel, E.** (2015). Emergency facility location under random network damage: Insights from the Istanbul case, *Computers & Operations Research*, pp. 1–16. doi: 10.1016/j.cor.2014.07.015.
- Salmeron, J. & Apte, A.** (2010). Stochastic optimization for natural disaster asset prepositioning, *Production and Operations Management*, Vol. 19 No. 5, pp. 561-574.
- Sheu, J. B.** (2010). Dynamic relief-demand management for emergency logistics operations under large-scale disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(1), 1-17.
- Sheu, J.-B. & Pan, C.** (2014). A method for designing centralized emergency supply network to respond to large-scale natural disasters, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 67, pp. 284-305, doi: 10.1016/j.trb.2014.05.011.
- Sinha, B. & Sen, N.** (2011). Goal programming approach to tea industry of Barak valley of Assam. *Applied Mathematical Sciences*, 5(29), 1409-1419.
- Strager, M.** (2005). ARE 521 Goal Programming Lecture Notes, West Virginia University.
- Taha, H.** (2000). Yöneylem Araştırması, 6. Basımdan Çeviri, (Çeviren ve Uyarlayanlar: Ş. Alp Baray ve Şakir Esnaf), Literatür Yayınları: 43, İstanbul.
- Tanyaş, M., Günalay, Y., Aksoy, L. & Küçük, B.** (2013). İstanbul İli Afet Lojistik Planı Kılavuzu, *İstanbul Kalkınma Ajansı Raporu DFD-39*, İstanbul.
- Taskin, S., & Lodree, E. J.** (2010). Inventory decisions for emergency supplies based on hurricane count predictions. *International Journal of Production Economics*, 126(1), 66-75.
- Tatham, P. & Kovács, G.** (2010). The application of “swift trust” to humanitarian logistics. *International Journal of Production Economics*, 126(1), 35–45.
- Tavana, M., Abtahi, A.-R., Di Caprio, D., Hashemi, R., Yousefi-Zenouz, R.** (2017). An integrated location-inventory-routing humanitarian supply chain network with pre- and post-disaster management considerations. *Socioecon. Plann. Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.12.004>
- Topçu, Y. İ.** (2000). Çok Ölçütlü Sorun Çözümüne Yönelik Bir Bütünleşik Karar Desterk Modeli, *Yayımlanmamış Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C. & Bergman, L.** (1971). The Location of Emergency Service Facilities, *Operations Research, INFORMS* 19(6), 1363-1373. <https://doi.org/10.1287/opre.19.6.1363>
- Turgut, T. B., Tas, G., Herekoglu, A., Tozan, H. & Vayvay, O.** (2011). A fuzzy AHP based decision support system for disaster center location selection and a case study for Istanbul, *Disaster Prevention Management of International Journal*, Vol. 20, pp. 499-520, doi: 10.1108/09653561111178943 <https://doi.org/10.1108/09653561111178943>.
- Tofighi, S., Torabi, S. A. ve Mansouri, S. A.** (2016). Humanitarian logistics network design under mixed uncertainty, *European Journal of Operational Research*, 250(1), pp. 239–250. doi: 10.1016/j.ejor.2015.08.059.
- Türkoğlu, S.P.** (2017). Karar vermede hedef programlama yöntemi ve uygulamaları, *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 1 (2), 29-46.
- Tzeng, G., Cheng, H. & Huang, T.** (2007). Multi-objective optimal planning for designing relief delivery systems, *Trans. Res. Part E* 43, 673–686. doi:10.1016/j.tre.2006.10.012
- Url-1** < <https://public.emdat.be/> >, erişim tarihi 20.12.2020.
- Vahdani, B., Veysmoradi, D., Noori, F., Mansour, F.** (2018). Two-stage multi-objective location-routing-inventory model for humanitarian logistics network design under uncertainty. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 27, 290–306. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.10.015>
- Verma, A. ve Gaukler, G. M.** (2015). Pre-positioning disaster response facilities at safe locations: An evaluation of deterministic and stochastic modeling approaches, *Computers & Operations Research*, 1–13. doi: 10.1016/j.cor.2014.10.006.
- Vitoriano, B., Ortuño, M.T., Tirado, G., Montero, J.** (2011). A multi-criteria optimization model for humanitarian aid distribution. *J. Glob. Optim.* 51, 89–208. <https://doi.org/10.1007/s10898-010-9603-z>
- Wang, H., Du, L. & Ma, S.** (2014) Multi-objective open location-routing model with split delivery for optimized relief distribution in post-earthquake. *Transportation Research Part E* 69, 160-179.
- Wex, F., Schryen, G., Feuerriegel, S. & Deumann, D.** (2014). Emergency response in natural disaster management: Allocation and scheduling of rescue units. *European Journal of Operational Research*, 235, 697–708.
- Widener, M.J. & Horner, M.W.** (2011). A hierarchical approach to modeling hurricane disaster relief goods distribution, *Journal of Transport Geography*, Vol. 19, No. 4, pp. 821-828.
- Winston, W. L.** (1994). *Operations Research, Applications and Algorithms*. Third edition, Duxbury Press, Belmont, California. 14, 772 – 782.
- Wohlgemuth, S., Oloruntoba, R., & Clausen, U.** (2012). Dynamic vehicle routing with anticipation in disaster relief. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 261- 271.

- Xu, Z.** (2007). Some similarity measures of intuitionistic fuzzy sets and their applications to multiple attribute decision making. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 6 (2), 109-121.
- Ye, F., Zhao, Q., Xi, M., Dessouky, M.** (2015). Chinese National Emergency Warehouse Location Research based on VNS Algorithm. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 47, 61–68.
- Yi, W. & Özdamar, L.** (2007). A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities, *European Journal of Operational Research*, 179, pp. 1177–1193. doi: 10.1016/j.ejor.2005.03.077.
- Yi, T. & Zhu, Q. X.** (2014). Simulation and application of a disaster spread model in Chemical Disaster Network. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 27. 130-137.
- Yu, C., Shaoa, Y., Wang, K. and Zhang, L.** (2019). A group decision making sustainable supplier selection approach using extended TOPSIS under interval-valued Pythagorean fuzzy environment, *Expert Systems with Applications*, 121, 1-17.
- Zadeh, L. A.** (1965). Fuzzy Sets, *Information Control*, 8, 338-353.
- Zadeh, L.A.** (1975), The concept of linguistic variable and its application to approximate reasoning, *Information Sciences*, Vol. 8, No. 3, pp. 199-249.
- Zhang, J., Dong, M. & Chen, F.F.** (2013). A bottleneck Steiner tree based multi-objective location model and intelligent optimization of emergency logistics systems, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 29, pp. 48-55.
- Zhou, Q., Huang, W., Zhang, Y.** (2011). Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method. *Safety Science*, 49. 243–252.

EKLER

EK A: DM Performans Değeri Belirlemede Farklı Yöntemlerin İncelenmesi

EK B: DM Performans Değerlerinde Anlamalı Farklılık Yaratın Çözüm Yönteminin Belirlenmesi

EK C: İstanbul Uygulamasında Kullanılan ADM ve GDM Aday Noktaları.

EK D: İkili Karşılaştırmalarda Kullanılan Anket Örneği.

EK E: Önerilen Yöntem İle Hesaplanan DM Performans Değerleri.



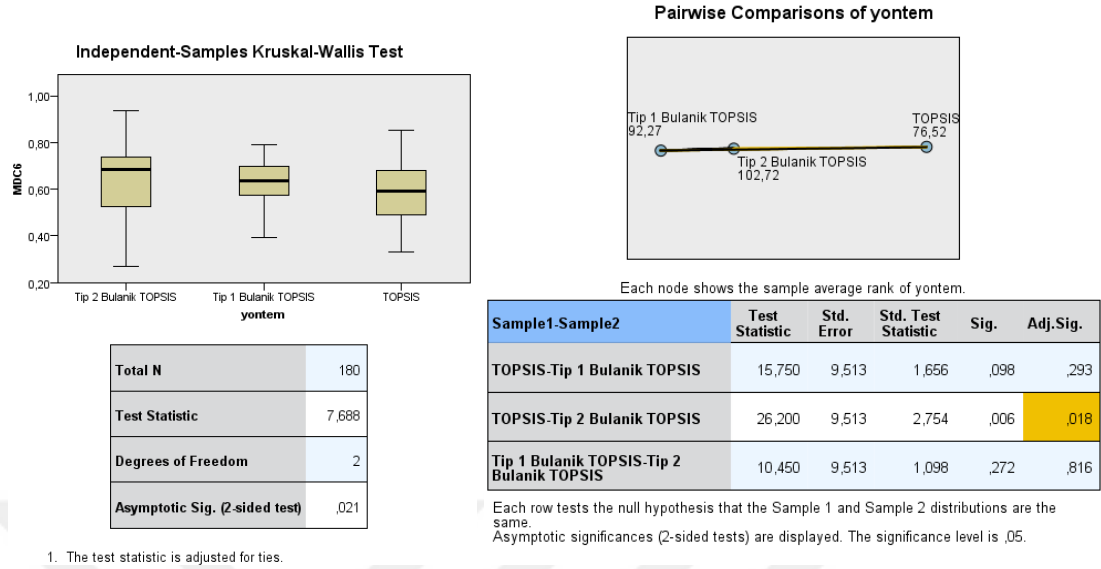
EK A: DM Performans Değeri Belirlemede Farklı Yöntemlerin İncelenmesi

Hypothesis Test Summary					Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision		Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of MDC1 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,004	Reject the null hypothesis.	21	The distribution of MDC21 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,059	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of MDC2 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,233	Retain the null hypothesis.	22	The distribution of MDC22 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,022	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of MDC3 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,066	Retain the null hypothesis.	23	The distribution of MDC23 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,003	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of MDC4 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,234	Retain the null hypothesis.	24	The distribution of MDC24 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,111	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of MDC5 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,082	Retain the null hypothesis.	25	The distribution of MDC25 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,301	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of MDC6 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,021	Reject the null hypothesis.	26	The distribution of MDC26 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,595	Retain the null hypothesis.
7	The distribution of MDC7 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,030	Reject the null hypothesis.	27	The distribution of MDC27 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,031	Reject the null hypothesis.
8	The distribution of MDC8 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,001	Reject the null hypothesis.	Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.				
9	The distribution of MDC9 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,002	Reject the null hypothesis.					
10	The distribution of MDC10 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,312	Retain the null hypothesis.					
11	The distribution of MDC11 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,014	Reject the null hypothesis.					
12	The distribution of MDC12 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,357	Retain the null hypothesis.					
13	The distribution of MDC13 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,050	Reject the null hypothesis.					
14	The distribution of MDC14 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,010	Reject the null hypothesis.					
15	The distribution of MDC15 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,016	Reject the null hypothesis.					
16	The distribution of MDC16 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,050	Retain the null hypothesis.					
17	The distribution of MDC17 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,023	Reject the null hypothesis.					
18	The distribution of MDC18 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,154	Retain the null hypothesis.					
19	The distribution of MDC19 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,006	Reject the null hypothesis.					
20	The distribution of MDC20 is the same across categories of yontem.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,001	Reject the null hypothesis.					

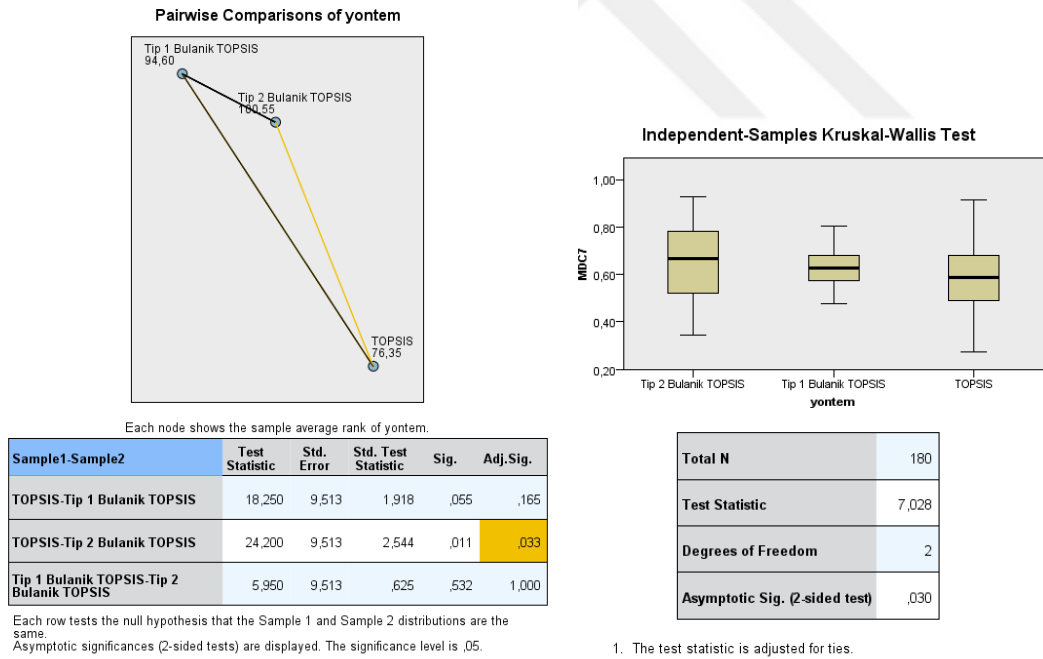
Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Şekil A.1: Kullanılan yöntem bazında performans değerlerinin Kruskal Wallis testi sonucu.

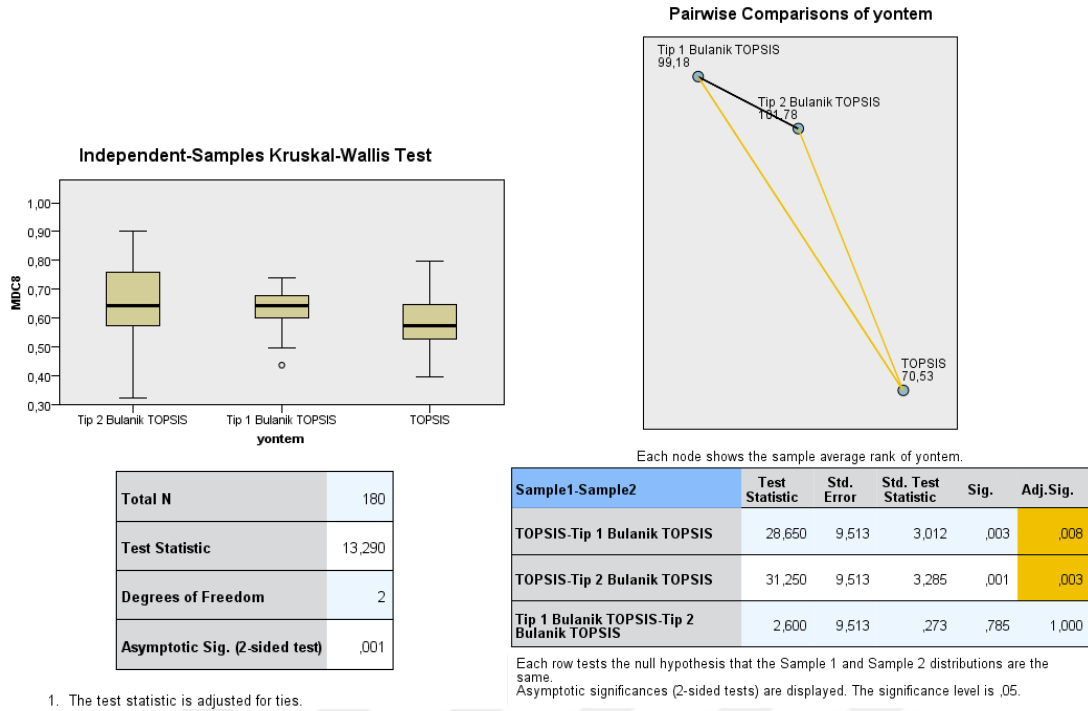
EK B: DM Performans Değerlerinde Anlamlı Farklılık Yaratın Çözüm Yönteminin Belirlenmesi



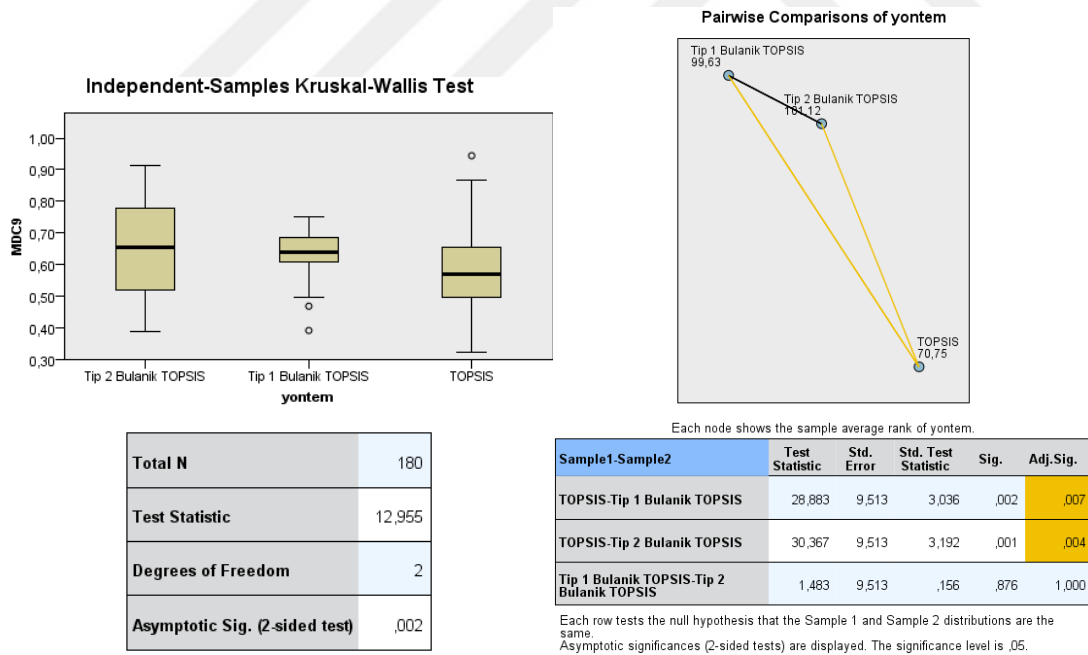
Şekil B.1: ADM 6 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.



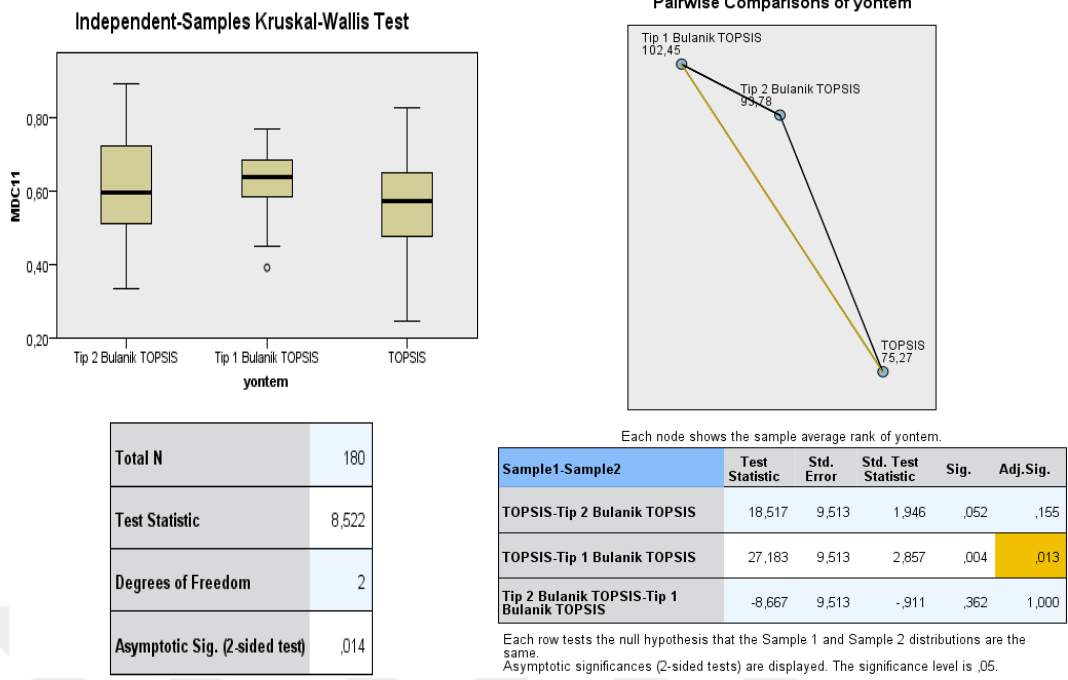
Şekil B.2: ADM 7 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.



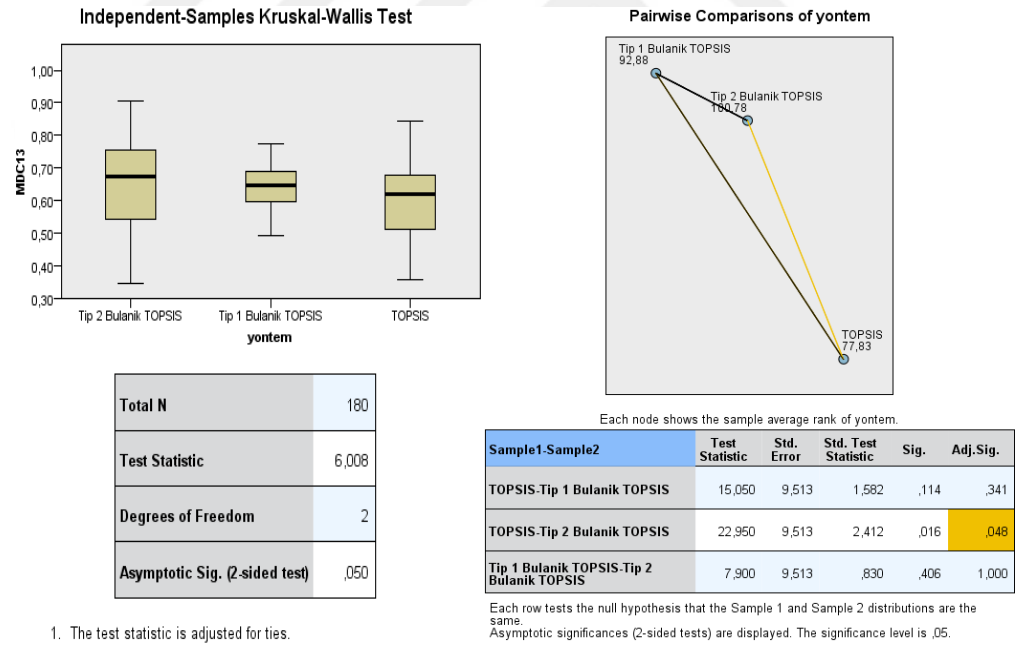
Şekil B.3: ADM 8 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.



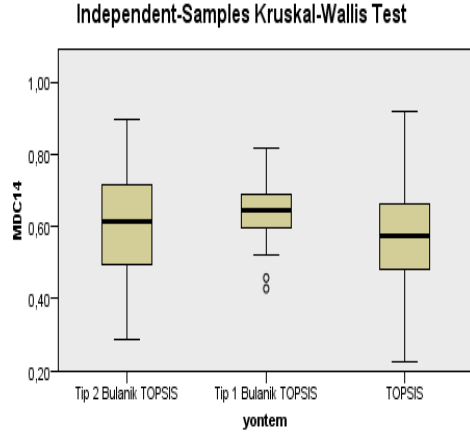
Şekil B.4: ADM 9 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.



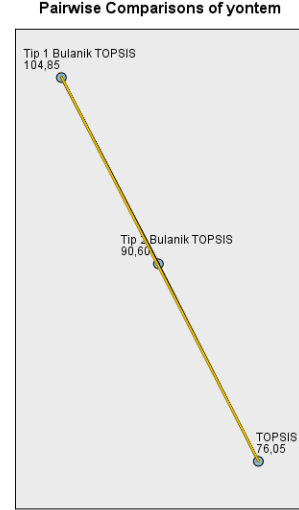
Şekil B.5: ADM 11 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.



Şekil B.6: ADM 13 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.



Total N	180
Test Statistic	9,165
Degrees of Freedom	2
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,010

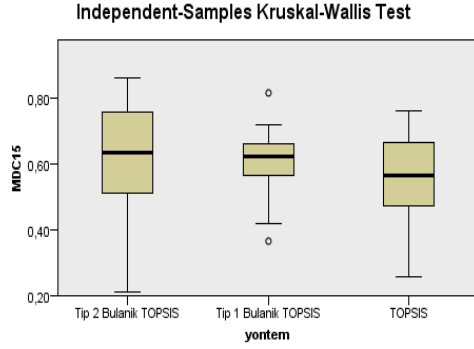


Each node shows the sample average rank of yontem.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
TOPSIS-Tip 2 Bulanik TOPSIS	14,550	9,513	1,529	,126	,378
TOPSIS-Tip 1 Bulanik TOPSIS	28,800	9,513	3,027	,002	,007
Tip 2 Bulanik TOPSIS-Tip 1 Bulanik TOPSIS	-14,250	9,513	-1,498	,134	,402

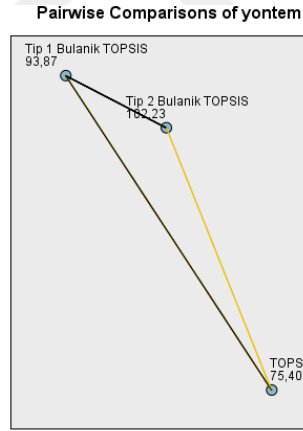
Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05.

Şekil B.7: ADM 14 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.



Total N	180
Test Statistic	8,332
Degrees of Freedom	2
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,016

1. The test statistic is adjusted for ties.

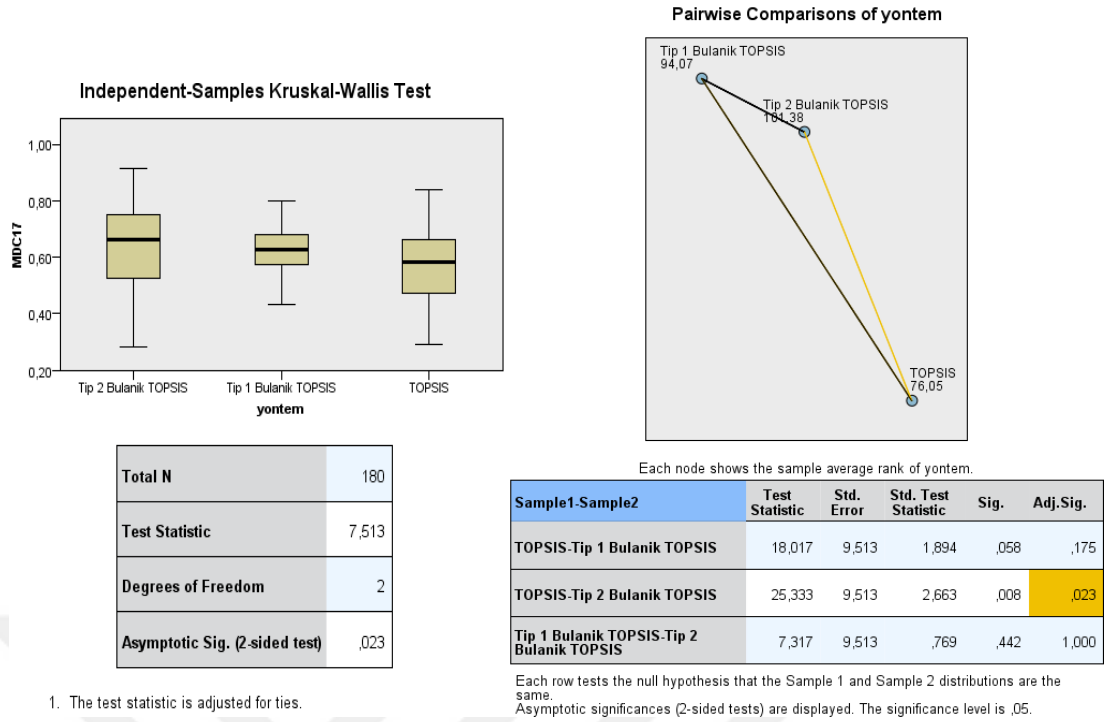


Each node shows the sample average rank of yontem.

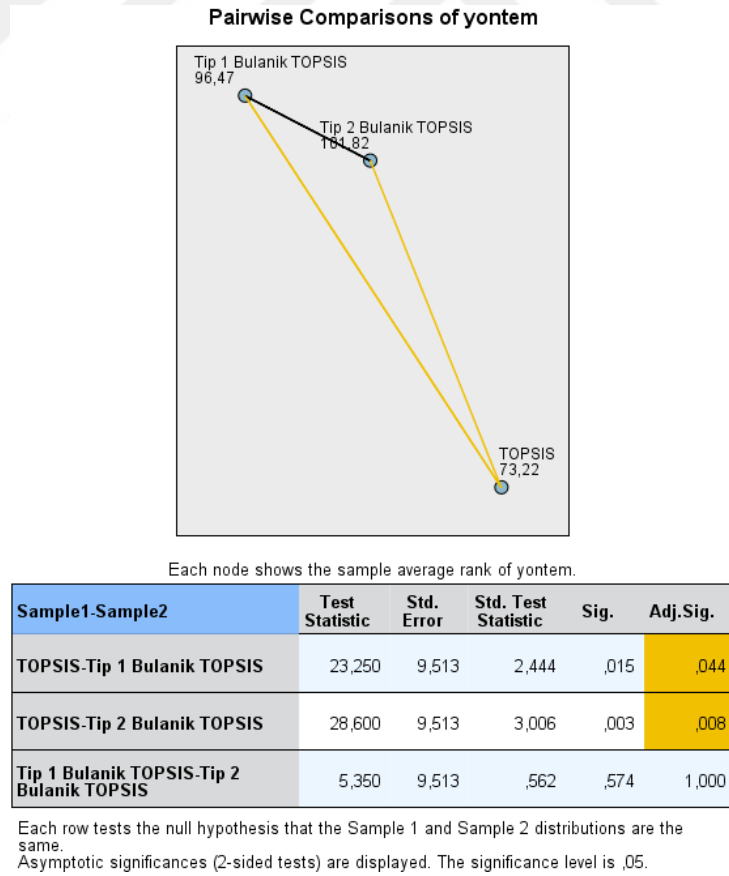
Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
TOPSIS-Tip 1 Bulanik TOPSIS	18,467	9,513	1,941	,052	,157
TOPSIS-Tip 2 Bulanik TOPSIS	26,833	9,513	2,821	,005	,014
Tip 1 Bulanik TOPSIS-Tip 2 Bulanik TOPSIS	8,367	9,513	,879	,379	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05.

Şekil B.8: ADM 15 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.

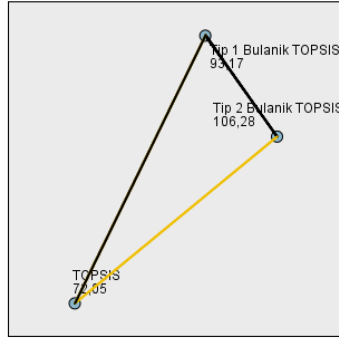


Şekil B.9: ADM 17 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.



Şekil B.10: ADM 19 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.

Pairwise Comparisons of yontem



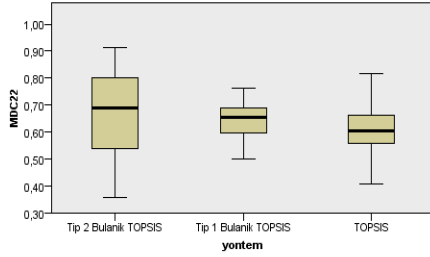
Each node shows the sample average rank of yontem.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
TOPSIS-Tip 1 Bulanik TOPSIS	21,117	9,513	2,220	,026	,079
TOPSIS-Tip 2 Bulanik TOPSIS	34,233	9,513	3,599	,000	,001
Tip 1 Bulanik TOPSIS-Tip 2 Bulanik TOPSIS	13,117	9,513	1,379	,168	,504

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05.

Şekil B.11: ADM 20 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.

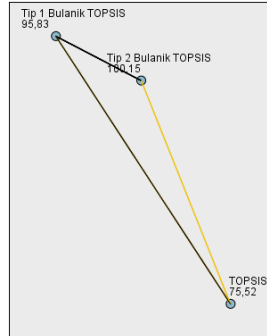
Independent-Samples Kruskal-Wallis Test



Total N	180
Test Statistic	7,648
Degrees of Freedom	2
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,022

1. The test statistic is adjusted for ties.

Pairwise Comparisons of yontem

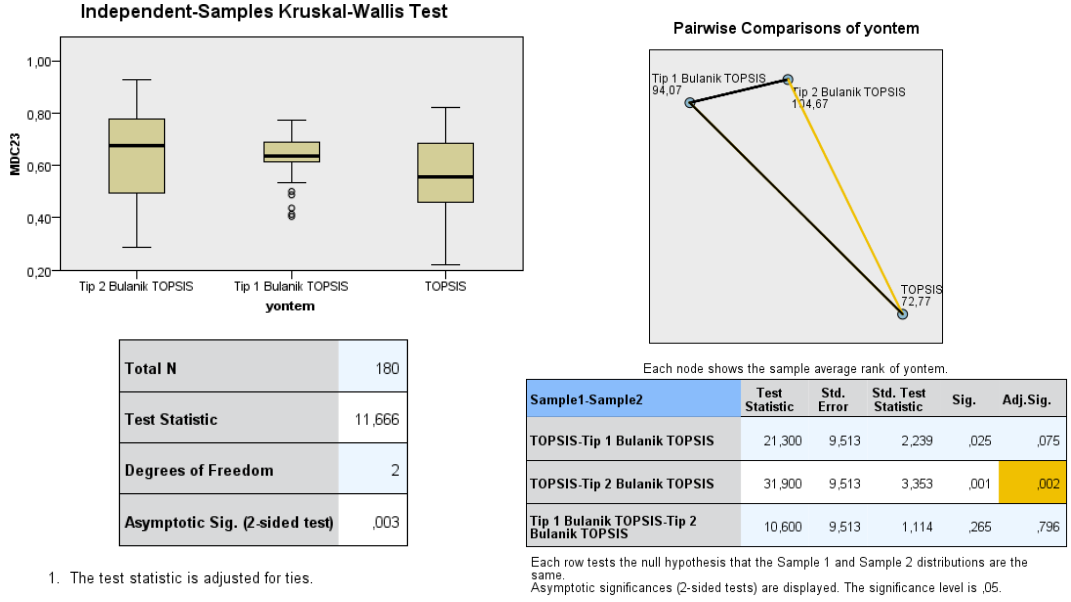


Each node shows the sample average rank of yontem.

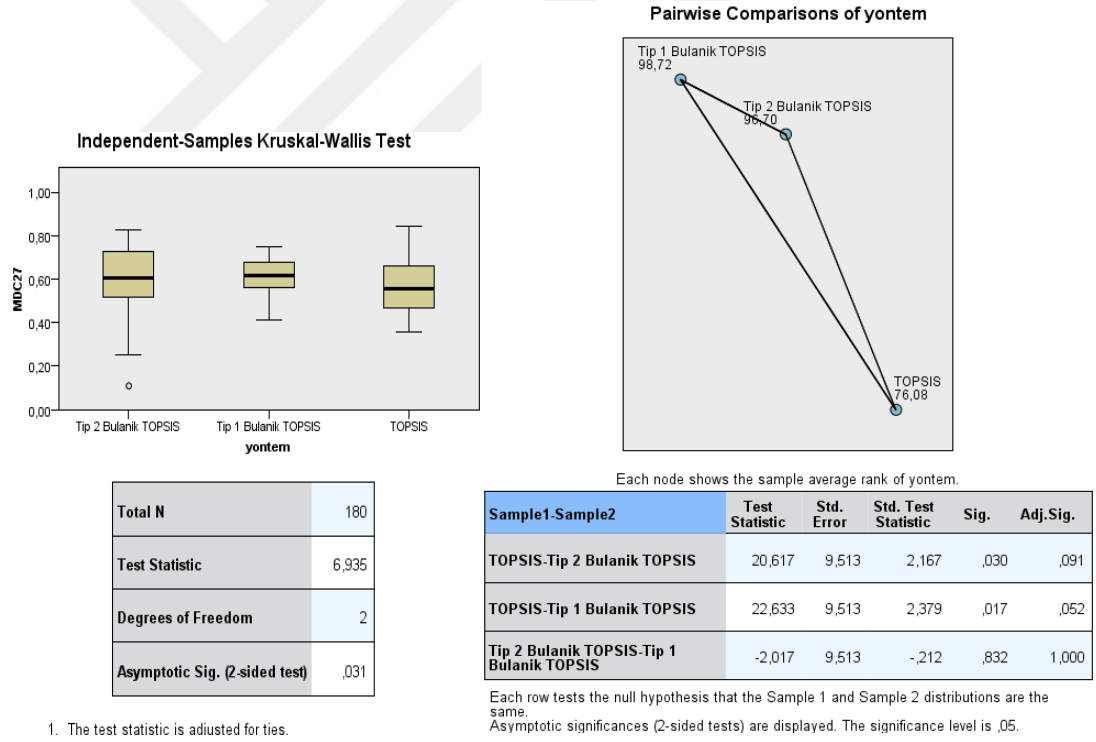
Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
TOPSIS-Tip 1 Bulanik TOPSIS	20,317	9,513	2,136	,033	,098
TOPSIS-Tip 2 Bulanik TOPSIS	24,633	9,513	2,589	,010	,029
Tip 1 Bulanik TOPSIS-Tip 2 Bulanik TOPSIS	4,317	9,513	,454	,650	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05.

Şekil B.12: ADM 22 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.



Şekil B.13: ADM 23 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.



Şekil B.14: ADM 27 için farklılık yaratan yöntemin belirlenmesi-SPSS sonucu.

EK C: İstanbul Uygulamasında Kullanılan ADM ve GDM Aday Noktaları.

Çizelge C.1: İstanbul uygulaması ADM aday noktası listesi.

	ADM Aday Noktası	Yaka	İlçe
1	Tüyap Fuar Merkezi	Avrupa	Büyükdöğmece
2	CNR Fuar Merkezi	Avrupa	Bakırköy
3	UMKE Avrupa	Avrupa	Bakırköy
4	Ceynak Lojistik	Avrupa	Bahçelievler
5	Barsan Global Lojistik	Avrupa	Arnavutköy
6	Hermes Global Lojistik	Avrupa	Arnavutköy
7	Sistem Lojistik	Avrupa	Başakşehir
8	Ekol Lojistik 3	Avrupa	Arnavutköy
9	Evolog	Avrupa	Küçükçekmece
10	Migros Lojistik Depo	Avrupa	Esenyurt
11	Migros Mjet Depo	Avrupa	Bayrampaşa
12	Horoz Lojistik 1	Avrupa	Bağcılar
13	Horoz Lojistik 2	Avrupa	Şişli
14	Emd FrigoLojistik	Avrupa	Beylikdüzü
15	Soyak Ecza Deposu	Avrupa	Beylikdüzü
16	UPS Kargo	Avrupa	Bağcılar
17	Turkish Cargo	Avrupa	Bakırköy
18	UMKE Anadolu	Anadolu	Kartal
19	Kızılay MAFOM	Anadolu	Kartal
20	Barsan Global Lojistik 3	Anadolu	Sancaktepe
21	Ekol Lojistik 5	Anadolu	Tuzla
22	Ekol Lojistik 6	Anadolu	Sancaktepe
23	Ekol Lojistik	Anadolu	Sultanbeyli
24	Tuna Lojistik Depo	Anadolu	Maltepe
25	Netlog Lojistik	Anadolu	Maltepe
26	A101 Anadolu Bölge Müdürlüğü	Anadolu	Tuzla
27	Omsan Lojistik Tuzla Depo	Anadolu	Tuzla

Çizelge C.2: İstanbul uygulaması GDM aday noktası listesi.

	GDM Aday Noktası	Bina Türü
1	Esatpaşa Öğretmenevi ve Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
2	Avcılar Kaymakamlığı	Depo
3	Bağcılar Belediyesi İlçe Tasnif Deposu	Depo
4	Bağcılar Belediyesi Soğuk Hava Deposu	Soğuk Hava Deposu
5	Bağcılar Kaymakamlığı İlçe Tasnif Deposu	Depo
6	Bahçelievler Çobançeşme İmam Hatip Lisesi	Kamu Binası
7	Bakırköy Kaymakamlığı	Depo
8	Bayrampaşa Belediyesi	Kamu Binası
9	Ceylanpınar Süt Gıda İnşaat Teks. San. Tic. Ltd. Şti. Soğuk Hava Deposu	Soğuk Hava Deposu
10	Beykoz Belediyesi	Kamu Binası
11	Ahmet Mithat Efendi Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
12	Necmettin Erbakan Kültür Merkezi Afet Yönetim Merkezi Deposu	Depo
13	Beykoz Belediyesi Kurban Satış Yeri	Kamu Binası
14	Beykoz Belediyesi Çubuklu Hizmet Binası	Kamu Binası
15	Beyoğlu Belediye Başkanlığı Ek Hizmet Birimi	Kamu Binası
16	Beyoğlu Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı	Kültür Merkezi
17	Büyükçekmece Belediyesi Atatürk Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
18	Büyükçekmece Belediyesi Kurşunlu Han	Kamu Binası
19	Büyükçekmece Belediyesi Barış Manço Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
20	Çatalca Gençlik Hizmetleri Ve Spor İlçe Müdürlüğü Çatalca Spor Salonu	Spor Salonu
21	Çatalca Yazlık İlkokulu	Kamu Binası
22	Çatalca İlçe Milli Eğitim Md. Halk Eğitim Merkezi	Kamu Binası
23	Çatalca İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü- Başak İlkokulu	Kamu Binası
24	Çekmeköy Alemdar Çatalmeşe Ortaokulu	Okul Spor Salonu
25	Çekmeköy Çekmeköy İlköğretim Okulu	Okul Spor Salonu
26	Esenler Kaymakamlığı	Kamu Binası

Çizelge C.2 (devam): İstanbul uygulaması GDM aday noktası listesi.

	GDM Aday Noktası	Bina Türü
27	Güzelyurt Kapalı Semt Pazarı	Pazar Yeri
28	Talatpaşa Kapalı Semt Pazarı	Pazar Yeri
29	Yenikent Kapalı Semt Pazarı	Pazar Yeri
30	Eskule Avm Otoparkı	Avm Otoparkı
31	Feshane Binası	Kamu Binası
32	Tevfik Aydeniz Kapalı Spor Salonu	Spor Salonu
33	Eyüp Stadyumu	Spor Salonu
34	Cumhuriyet İlköğretim Okulu Spor Salonu	Okul Spor Salonu
35	Alibeyköy Cep Otogarı	Kamu Binası - Garaj
36	Alırıza Özderici Lisesi	Okul
37	Kemerburgaz Şehit Er Sinan Şen İlköğretim Okulu Spor Salonu	Okul Spor Salonu
38	Fatih Belediyesi Yenilmez Sanat Merkezi	Kamu Binası
39	Fatih Belediyesi	Kamu Binası
40	Cemil Meriç Mesleki Ve Teknik Anadolu Lisesi Spor Salonu	Okul Spor Salonu
41	Kadıköy Halk Eğitim Merkezi	Kültür Merkezi
42	Kâğıthane Belediyesi Yahya Kemal Spor Kompleksi	Stadyum
43	Kâğıthane Belediyesi Semt Pazar Yeri	Pazar Yeri
44	Gıda Bankacılığı ve Temel İhtiyaç Derneği	Kamu Binası
45	Pendik Belediyesi	Kamu Binası
46	Sancaktepe Belediyesi Genco Erkal Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
47	Silivri Gençlik Hizmetleri Ve Spor İlçe Müdürlüğü	Stadyum
48	Silivri Gençlik Hizmetleri Ve Spor İlçe Müdürlüğü	Spor Salonu
49	Sultanbeyli Belediyesi Nikâh Ve Düğün Salonu	Kamu Binası
50	Sultanbeyli Belediyesi Muhsin Yazıcıoğlu Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
51	Sultanbeyli Belediyesi (İstanbulensis Gençlik Merkezi)	Kamu Binası
52	Sultanbeyli Belediyesi Cahar Dudayev Kültür Evi	Kültür Merkezi
53	Sultangazi Hükümet Konağı	Kamu Binası

Çizelge C.2 (devam): İstanbul uygulaması GDM aday noktası listesi.

	GDM Aday Noktası	Bina Türü
54	Şile İmkb Halk Eğitim Merkezi	Kamu Binası
55	Şile İlçe Afet Yönetim Merkezi	Kamu Binası
56	Şile Stadı	Stadyum
57	Cevahir Alışveriş Merkezi	Avm
58	Kanyon Alışveriş Merkezi	Avm Otoparkı
59	Trump Avm	Avm Otoparkı
60	Tuzla Belediyesi Gönül Elleri Çarşısı	Kamu Binası
61	Ümraniye Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı	Kültür Merkezi
62	Üsküdar Belediyesi Lojistik Merkezi	Lojistik Merkezi
63	Zeytinburnu Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
64	İBB Ali Emiri Efendi Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
65	İBB Başakşehir Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
66	İBB Bülent Ecevit Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
67	İBB Cem Karaca Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
68	İBB Cemal Reşit Rey Konser Salonu & Lütü Kırdar	Kültür Merkezi
69	İsmek Bağcılar Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
70	İBB Erdem Bayazıt Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
71	İBB İdris Güllüce Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
72	İBB Prof.Dr. Necmettin Erbakan Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
73	İBB 15 Temmuz Şehitleri Konferans Ve Spor Salonu	Kültür Merkezi
74	İBB Sancaktepe Eyüp Sultan Kültür Ve Spor Kompleksi (Taha Akgül Spor Kompleksi)	Spor Salonu
75	İBB Şehit Kaymakam Muhammed Fatih Safitürk Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
76	İBB Şile Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
77	İBB Taksim Cumhuriyet Sanat Galerisi	Kültür Merkezi
78	Gaziosmanpaşa Kültür Ve Sanat Merkezi	Kültür Merkezi
79	İstanbul Üniversitesi İlahiyat Fakültesi	Kültür Merkezi
80	İBB Yenibosna Dr. Enver Ören Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
81	Okçular Vakfı Sahnesi	Kültür Merkezi

Çizelge C.2 (devam): İstanbul uygulaması GDM aday noktası listesi.

	GDM Aday Noktası	Bina Türü
82	Altunizade Kültür Ve Sanat Merkezi	Kültür Merkezi
83	Şehit Erol Olçok Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
84	Küçükçekmece Cennet Kültür ve Sanat Merkezi	Kültür Merkezi
85	Bağlarbaşı Kongre ve Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
86	Güngören Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
87	Esenler Dr. Kadir Topbaş Kültür Sanat Merkez	Kültür Merkezi
88	Esenyurt Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
89	Eyüpsultan Kültür ve Sanat Merkezi	Kültür Merkezi
90	Göktürk Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
91	Gültepe Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
92	İstanbul Tasarım Merkezi	Kültür Merkezi
93	Küçükçekmece Sefaköy Kültür ve Sanat Merkezi	Kültür Merkezi
94	Bayrampaşa Mehmet Akif Ersoy Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
95	Sancaktepe Dr. Kadir Topbaş Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
96	Sultan Selim Kültür Merkezi	Kültür Merkezi
97	Türkiye Dil Ve Edebiyat Derneği - Kötü Gibi	Kültür Merkezi
98	Türk Edebiyatı Vakfı- Kötü Yer	Kültür Merkezi
99	Türkiye Yazarlar Birliği İstanbul Şubesi	Kültür Merkezi
100	212 Avm /Outlet	AVM
101	Airport AVM /Outlet	AVM
102	Akasya Acıbadem AVM	AVM
103	Akbatı AVM	AVM
104	Akmerkez AVM	AVM
105	Akyaka Park AVM	AVM
106	Anatolium Marmara AVM	AVM
107	Aqua Florya AVM	AVM
108	Arenapark AVM	AVM
109	Armonipark AVM /Outlet	AVM

Çizelge C.2 (devam): İstanbul uygulaması GDM aday noktası listesi.

	GDM Aday Noktası	Bina Türü
110	Astoria AVM	AVM
111	Ataköy Aplus AVM	AVM
112	Atirus AVM	AVM
113	Atlaspark AVM	AVM
114	Axis İstanbul AVM	AVM
115	Axis Kâğıthane AVM	AVM
116	Beylikdüzü Migros AVM	AVM
117	Biz Cevahir Haliç AVM	AVM
118	Brandium AVM	AVM
119	Buyaka AVM	AVM
120	Canpark AVM	AVM
121	Capacity AVM	AVM
122	Capitol AVM	AVM
123	Carousel AVM	AVM
124	City Center AVM	AVM
125	City's Nişantaşı AVM	AVM
126	Demiroren İstiklal AVM	AVM
127	Deposit AVM /Outlet	AVM
128	Emaar Square AVM	AVM
129	Flyinn AVM	AVM
130	Forum İstanbul AVM	AVM
131	Galleria Ataköy AVM	AVM
132	Güneşli Park AVM	AVM
133	Hilltown AVM Küçükaly	AVM
134	Historia AVM	AVM
135	Home City AVM Pendik	AVM
136	İsfanbul AVM	AVM
137	İstinye Park AVM	AVM

Çizelge C.2 (devam): İstanbul uygulaması GDM aday noktası listesi.

	GDM Aday Noktası	Bina Türü
138	İstmarina Kartal AVM	AVM
139	Kadir Has AVM	AVM
140	Kale Center /Outlet	AVM
141	Kozyatağı Carrefour AVM	AVM
142	Kozzy AVM	AVM
143	Mall Of İstanbul AVM	AVM
144	Maltepepark AVM - Açık Otoparklı	AVM
145	Marmara Forum AVM	AVM
146	Marmara Park AVM	AVM
147	Metrocorner AVM Dudullu	AVM
148	Metro Garden AVM	AVM
149	Metrocity AVM	AVM
150	Metroport AVM	AVM
151	Meydan İstanbul AVM	AVM
152	Neomarin AVM	AVM
153	Novada Ataşehir AVM	AVM
154	Oasis Designer AVM /Outlet	AVM
155	Olimpa AVM	AVM
156	Olivium AVM /Outlet	AVM
157	Optimum Ataşehir /Outlet	AVM
158	Özdilek Park İstanbul	AVM
159	Palladium AVM Ataşehir	AVM
160	Pelican Mall AVM	AVM
161	Pendorya AVM	AVM
162	Perlavista AVM	AVM
163	Piazza Maltepe AVM	AVM
164	Plato AVM	AVM
165	Prestige Mall AVM	AVM

Çizelge C.2 (devam): İstanbul uygulaması GDM aday noktası listesi.

	GDM Aday Noktası	Bina Türü
166	Profilo AVM	AVM
167	Rings AVM	AVM
168	Ritim İstanbul AVM	AVM
169	Sapphire Çarşı	AVM
170	Skyland İstanbul AVM	AVM
171	Starcity AVM /Outlet	AVM
172	Tepe Nautilus AVM	AVM
173	Torium AVM	AVM
174	Vadistanbul AVM	AVM
175	Venezia Mega/Outlet	AVM
176	Viaport Asia /Outlet - Açık Otoparklı	AVM
177	Watergarden İstanbul	AVM
178	White Hill AVM	AVM
179	Zeruj Port AVM	AVM
180	Zorlu Center AVM	AVM

EK D: İkili Karşılaştırmalarda Kullanılan Anket Örneği.

Aşağıda bulunan “İnsani Yardım Lojistiğinde Kullanılacak Ana Depoların Yer Seçimi” ile ilgili kriterlerin önem derecelerini belirtiniz.

1=Eşit önemde 3=Biraz daha önemli 5=Önemli 7=Çok önemli 9=Aşırı derecede önemli

Ulaşım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Depo Kurulum Maliyeti (Deponun Mülkiyet Durumu)
Depo Kurulum Maliyeti (Deponun Mülkiyet Durumu)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Depo Altyapısı (Ofis ve Depo Olanaklarının Uygunluğu)
Depo Altyapısı (Ofis ve Depo Olanaklarının Uygunluğu)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Güvenlik ve Emniyet
Güvenlik ve Emniyet	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ulaşım
Ulaşım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Depo Altyapısı (Ofis ve Depo Olanaklarının Uygunluğu)
Depo Kurulum Maliyeti (Deponun Mülkiyet Durumu)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Güvenlik ve Emniyet

Aşağıda bulunan “Depo Altyapısı” ile ilgili kriterlerin önem derecelerini belirtiniz

1=Eşit önemde 3=Biraz daha önemli 5=Önemli 7=Çok önemli 9=Aşırı derecede önemli

Ofis Olanakları	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Depo Olanakları (Raf sistemlerinin, alet ve araçların uygunluğu vb.)
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

Aşağıda bulunan “Depo Olanakları” ile ilgili kriterlerin önem derecelerini belirtiniz.

1=Eşit önemde 3=Biraz daha önemli 5=Önemli 7=Çok önemli 9=Aşırı derecede önemli

Depo Alet ve Ekipmanlarının Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Uygunluğu
Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Raf ve Çatı Sistemlerinin Uygunluğu
Raf ve Çatı Sistemlerinin Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bina Yapısal Özelliklerinin Uygunluğu(Yeterli Kapalı ve Açık Alan Olması)
Depo Alet ve Ekipmanlarının Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Raf ve Çatı Sistemlerinin Uygunluğu
Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bina Yapısal Özelliklerinin Uygunluğu(Yeterli Kapalı ve Açık Alan Olması)
Raf ve Çatı Sistemlerinin Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hijyen Koşulları
Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hijyen Koşulları
Bina Yapısal Özelliklerinin Uygunluğu (Yeterli Kapalı ve Açık Alan Olması)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hijyen Koşulları
Depo Alet ve Ekipmanlarının Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bina Yapısal Özelliklerinin Uygunluğu (Yeterli Kapalı ve Açık Alan Olması)

Depo Alet ve Ekipmanlarının Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hijyen Koşulları
---------------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------

Aşağıda bulunan **“Bina Yapısal Özellikleri”** ile ilgili kriterlerin önem derecelerini belirtiniz.

1=Eşit önemde 3=Biraz daha önemli 5=Önemli 7=Çok önemli 9=Aşırı derecede önemli

Yeterli Kapalı Alanın Bulunması	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yeterli Açık Alanın Bulunması
---------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

Aşağıda bulunan **“Ofis Olanakları”** ile ilgili kriterlerin önem derecelerini belirtiniz.

1=Eşit önemde 3=Biraz daha önemli 5=Önemli 7=Çok önemli 9=Aşırı derecede önemli

Depo ve Ofis(ler)in Yakınlığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bilişim & İletişim Altyapısının Uygunluğu
Bilişim & İletişim Altyapısının Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yönetimsel Çalışmaya Uygunluk
Depo ve Ofis(ler)in Yakınlığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yönetimsel Çalışmaya Uygunluk

Aşağıda bulunan **“Ulaşım”** ile ilgili kriterlerin önem derecelerini belirtiniz.

1=Eşit önemde 3=Biraz daha önemli 5=Önemli 7=Çok önemli 9=Aşırı derecede önemli

Kara Yolu (Karayollarının sayısı, genişliği, akışkanlığı)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hava Yolu (Havaalanına yakınlık, meydan kapasitesi)
Hava Yolu (Havaalanına yakınlık, meydan kapasitesi)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Deniz Yolu (Limana yakınlık, liman kapasitesi, yükleme kapasitesi vb)
Deniz Yolu (Limana yakınlık, liman kapasitesi, yükleme kapasitesi vb)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ulaşılabilirlik (Depoya giden rotaların kalitesi ve afetten etkilenme durumu)
Kara Yolu (Karayollarının sayısı, genişliği, akışkanlığı)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Deniz Yolu (Limana yakınlık, liman kapasitesi, yükleme kapasitesi vb)
Hava Yolu (Havaalanına yakınlık, meydan kapasitesi)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ulaşılabilirlik (Depoya giden rotaların kalitesi ve afetten etkilenme durumu)
Kara Yolu (Karayollarının sayısı, genişliği, akışkanlığı)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ulaşılabilirlik (Depoya giden rotaların kalitesi ve afetten etkilenme durumu)

Aşağıda bulunan **“Güvenlik ve Emniyet”** ile ilgili kriterlerin önem derecelerini belirtiniz.

1=Eşit önemde 3=Biraz daha önemli 5=Önemli 7=Çok önemli 9=Aşırı derecede önemli

Bina Güvenlik ve Emniyeti (Alarm sistemi, güvenlik görevlisi vb.)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bölge Güvenlik ve Emniyeti (Bölge suç oranı & Deprem etkilenme derecesi)
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

Aşağıda bulunan “İnsani Yardım Lojistiğinde Kullanılacak İlçe Tasnif Depoları Yer Seçimi” ile ilgili kriterlerin önem derecelerini belirtiniz.

1=Eşit önemde 3=Biraz daha önemli 5=Önemli 7=Çok önemli 9=Aşırı derecede önemli

Depo Kurulum Maliyeti (Deponun Mülkiyet Durumu)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Güvenlik ve Emniyet
Depo Olanakları (Raf sistemlerinin, alet ve araçların uygunluğu vb.)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Depo Kurulum Maliyeti (Deponun Mülkiyet Durumu)
Güvenlik ve Emniyet	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Depo Olanakları (Raf sistemlerinin, alet ve araçların uygunluğu vb.)

İlçe Tasnif Depoları Yer Seçimi için aşağıda bulunan “Güvenlik ve Emniyet” ile ilgili kriterlerin önem derecelerini belirtiniz.

1=Eşit önemde 3=Biraz daha önemli 5=Önemli 7=Çok önemli 9=Aşırı derecede önemli

Bina Güvenlik ve Emniyeti (Alarm sistemi, güvenlik görevlisi vb.)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bölge Güvenlik ve Emniyeti (Bölge suç oranı & deprem etkilenme derecesi)
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

İlçe Tasnif Depoları Yer Seçimi için aşağıda bulunan “Depo Olanakları” ile ilgili kriterlerin önem derecelerini belirtiniz.

1=Eşit önemde 3=Biraz daha önemli 5=Önemli 7=Çok önemli 9=Aşırı derecede önemli

Depo Alet ve Ekipmanlarının Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Uygunluğu
Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Raf ve Çatı Sistemlerinin Uygunluğu
Raf ve Çatı Sistemlerinin Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bina Yapısal Özelliklerinin Uygunluğu (Yeterli Kapalı ve Açık Alan Olması)
Depo Alet ve Ekipmanlarının Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Raf ve Çatı Sistemlerinin Uygunluğu
Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bina Yapısal Özelliklerinin Uygunluğu (Yeterli Kapalı ve Açık Alan Olması)
Raf ve Çatı Sistemlerinin Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hijyen Koşulları
Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hijyen Koşulları
Bina Yapısal Özelliklerinin Uygunluğu (Yeterli Kapalı ve Açık Alan Olması)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hijyen Koşulları
Depo Alet ve Ekipmanlarının Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hijyen Koşulları
Depo Alet ve Ekipmanlarının Uygunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bina Yapısal Özelliklerinin Uygunluğu (Yeterli Kapalı ve Açık Alan Olması)

İlçe Tasnif Depoları Yer Seçimi için aşağıda bulunan **“Bina Yapısal Özellikleri”** ile ilgili kriterlerin önem derecelerini belirtiniz.

1=Eşit önemde 3=Biraz daha önemli 5=Önemli 7=Çok önemli 9=Aşırı derecede önemli

Yeterli Kapalı Alanın Bulunması	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yeterli Açık Alanın Bulunması
------------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------



EK E: Önerilen Yöntem İle Hesaplanan DM Performans Değerleri.

Çizelge E.1 : İstanbul uygulaması ADM aday noktası performans değerleri.

ADM Aday Noktası		Performans Değeri	Depo Olanakları Performans Değeri
ADM1	Tüyap Fuar Merkezi	0,32142	0,282764
ADM2	CNR Fuar Merkezi	0,4234	0,465797
ADM3	UMKE Avrupa	0,55571	0,649322
ADM4	Ceynak Lojistik	0,3126	0,573348
ADM5	Barsan Global Lojistik	0,31112	0,579194
ADM6	Hermes Global Lojistik	0,32229	0,550366
ADM7	Sistem Lojistik	0,05925	0,090732
ADM8	Ekol Lojistik 3	0,20425	0,622725
ADM9	Evolog	0,02096	0,080464
ADM10	Migros Lojistik Depo	0,57699	0,668465
ADM11	Migros Mjet Depo	0,15948	0,609173
ADM12	Horoz Lojistik 1	0,37101	0,616223
ADM13	Horoz Lojistik 2	0,37875	0,618082
ADM14	Emd FrigoLojistik	0,31515	0,554076
ADM15	Soyak Ecza Deposu	0,37994	0,635342
ADM16	UPS Kargo	0,38975	0,646334
ADM17	Turkish Cargo	0,62546	0,700093
ADM18	UMKE Anadolu	0,62345	0,61379
ADM19	Kızılay MAFOM	0,68888	0,681846
ADM20	Barsan Global Lojistik 3	0,54453	0,635969
ADM21	Ekol Lojistik 5	0,58988	0,714514
ADM22	Ekol Lojistik 6	0,54605	0,625689
ADM23	Ekol Lojistik	0,54709	0,627738
ADM24	Tuna Lojistik Depo	0,3156	0,554168
ADM25	Netlog Lojistik	0,1919	0,323955
ADM26	A101 Anadolu Bölge Müdürlüğü	0,56916	0,654086
ADM27	Omsan Lojistik Tuzla Depo	0,56415	0,667642

Çizelge E.2 : İstanbul uygulaması GDM aday noktası performans değerleri.

GDM Aday Noktası	DM Performans Değeri	Depo Olanakları Performans Değeri
Esatpaşa Öğretmenevi ve Kültür Merkezi	0,941949	0,255869
Avcılar Kaymakamlığı	0,976125	0,741348
Bağcılar Belediyesi İlçe Tasnif Deposu	0,976197	0,742479
Bağcılar Belediyesi Soğuk Hava Deposu	0,977189	0,764307
Bağcılar Kaymakamlığı İlçe Tasnif Deposu	0,976211	0,742597
Bahçelievler Çobançeşme İmam Hatip Lisesi	0,932585	0,220539
Bakırköy Kaymakamlığı	0,976572	0,744643
Bayrampaşa Belediyesi	0,931845	0,216804
Ceylanpınar Süt Gıda İnşaat Teks. San. Tic. Ltd. Şti. (Soğuk Hava Deposu)	0,079349	0,821352
Beykoz Belediyesi	0,931836	0,216749
Ahmet Mithat Efendi Kültür Merkezi	0,942079	0,256413
Necmettin Erbakan Kültür Merkezi Afet Yönetim Merkezi Deposu	0,97756	0,753452
Beykoz Belediyesi- Beykoz Bld. Kurban Satış Yeri	0,931843	0,21677
Beykoz Belediyesi- Çubuklu Hizmet Binası	0,932005	0,2173
Beyoğlu Belediye Başkanlığı Ek Hizmet Birimi	0,931813	0,216736
Beyoğlu Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı	0,941918	0,255864
Büyükçekmece Belediyesi Atatürk Kültür Merkezi	0,942188	0,256866
Büyükçekmece Belediyesi Kurşunlu Han	0,931912	0,21696
Büyükçekmece Belediyesi Barış Manço Kültür Merkezi	0,94198	0,255992
Çatalca Spor Salonu	0,953772	0,499753
Çatalca Yazlık İlkokulu	0,93182	0,216805
Çatalca Halk Eğitim Merkezi	0,931885	0,217005
Çatalca Başak İlkokulu	0,931821	0,216808
Çekmeköy Alemdar Çatalmeşe Ortaokulu	0,956448	0,51851
Çekmeköy İlköğretim Okulu	0,956546	0,519124
Esenler Kaymakamlığı	0,931908	0,21699
Güzelyurt Kapalı Semt Pazarı	0,920322	0,214029
Talatpaşa Kapalı Semt Pazarı	0,920512	0,214845
Yenikent Kapalı Semt Pazarı	0,920337	0,214083
Eskule Avm Otoparkı	0,743409	0,606918
Feshane Binası	0,932062	0,217533
Tevfik Aydeniz Kapalı Spor Salonu	0,953722	0,499126
Eyüp Stadyumu	0,954603	0,504842
Cumhuriyet İlköğretim Okulu Spor Salonu	0,956557	0,519276
Alibeyköy Cep Otogarı	0,921199	0,2361
Alırza Özderici Lisesi	0,956276	0,517536
Kemerburgaz Şehit Er Sinan Şen İlköğretim Okulu Spor Salonu	0,956302	0,517696
Fatih Belediyesi Yenilmez Sanat Merkezi	0,93182	0,21675
Fatih Belediyesi	0,935281	0,308436

Çizelge E.2 (devam): İstanbul uygulaması GDM aday noktası performans değerleri.

GDM Aday Noktası	Performans Değeri	Depo Olanakları Performans Değeri
Cemil Meriç Mesleki Ve Teknik Anadolu Lisesi Spor Salonu	0,956449	0,518638
Kadıköy Halk Eğitim Merkezi	0,942033	0,256141
Kâğıthane Belediyesi Yahya Kemal Spor Kompleksi	0,95142	0,432061
Gıda Bankacılığı Ve Temel İhtiyaç Derneği	0,931853	0,006491
Pendik Belediyesi	0,931897	0,216796
Sancaktepe Belediyesi Genco Erkal Kültür Merkezi	0,945855	0,216925
Silivri Gençlik Hizmetleri Ve Spor İlçe Müdürlüğü	0,952828	0,353003
Silivri Gençlik Hizmetleri Ve Spor İlçe Müdürlüğü	0,952828	0,441888
Sultanbeyli Belediyesi Nikâh Ve Düğün Salonu	0,931837	0,441888
Sultanbeyli Belediyesi Muhsin Yazıcıoğlu Kültür Merkezi	0,941904	0,216834
Sultanbeyli Belediyesi (İstanbulensis Gençlik Merkezi)	0,931817	0,25586
Sultanbeyli Belediyesi Cahar Dudayev Kültür Evi	0,941871	0,216775
Sultangazi Hükümet Konağı	0,931991	0,255738
Şile İmkb Halk Eğitim Merkezi	0,931855	0,217387
Şile İlçe Afet Yönetim Merkezi	0,93182	0,216898
Şile Stadı	0,951943	0,216796
Cevahir Alışveriş Merkezi	0,064159	0,435633
Kanyon Alışveriş Merkezi	0,302898	0,635203
Trump Avm	0,302883	0,618878
Tuzla Belediyesi Gönül Elleri Çarşısı	0,931911	0,614744
Ümraniye Sosyal Yardımlaşma Ve Dayanışma Vakfı	0,941934	0,216945
Üsküdar Belediyesi Lojistik Merkezi	0,978455	0,255832
Zeytinburnu Kültür Merkezi	0,942066	0,775326
İBB Ali Emiri Efendi Kültür Merkezi	0,941964	0,25646
İBB Başakşehir Kültür Merkezi	0,942001	0,256028
İBB Bülent Ecevit Kültür Merkezi	0,94192	0,255767
İBB Cem Karaca Kültür Merkezi	0,942199	0,256858
İBB Cemal Reşit Rey Konser Salonu & Lütü Kırdar	0,947004	0,359454
İSMEK Bağcılar Kültür Merkezi	0,942163	0,25689
İBB Erdem Bayazıt Kültür Merkezi	0,941943	0,255906
İBB İdris Güllüce Kültür Merkezi	0,942029	0,256163
İBB Prof.Dr. Necmettin Erbakan Kültür Merkezi	0,941933	0,255968
İBB 15 Temmuz Şehitleri Konferans Ve Spor Salonu Kadıköy Anadolu İmam Hatip Lisesi	0,942841	0,26073
İBB Sancaktepe Taha Akgül Spor Kompleksi	0,959562	0,559523
İBB Şehit Kaymakam Muhammed Fatih Safitürk Kültür Merkezi	0,942041	0,256246
İBB Şile Kültür Merkezi	0,946011	0,342623
İBB Taksim Cumhuriyet Sanat Galerisi	0,941872	0,255702
Gaziosmanpaşa Kültür Ve Sanat Merkezi	0,941552	0,264703
İstanbul Üniversitesi İlahiyat Fakültesi	0,941512	0,264484
İBB Yenibosna Dr. Enver Ören Kültür Merkezi	0,941745	0,265559

Çizelge E.2 (devam): İstanbul uygulaması GDM aday noktası performans değerleri.

GDM Aday Noktası	Performans Değeri	Depo Olanakları Performans Değeri
Okçular Vakfı Sahnesi	0,945887	0,3622
Altunizade Kültür Ve Sanat Merkezi	0,941412	0,263919
Şehit Erol Olçok Kültür Merkezi	0,942021	0,267279
Küçükçekmece Cennet Kültür ve Sanat Merkezi	0,941405	0,263957
Bağlarbaşı Kongre Ve Kültür Merkezi	0,943155	0,276097
Güngören Kültür Merkezi	0,941337	0,2637
Esenler Dr. Kadir Topbaş Kültür Sanat Merkez	0,945275	0,358901
Esenyurt Kültür Merkezi	0,941484	0,264316
Eyüpsultan Kültür Ve Sanat Merkezi	0,941951	0,266782
Göktürk Kültür Merkezi	0,941314	0,263596
Gültepe Kültür Merkezi	0,941325	0,263639
İstanbul Tasarım Merkezi	0,94128	0,263532
Küçükçekmece Sefaköy Kültür Ve Sanat Merkezi	0,941444	0,26412
Bayrampaşa Mehmet Akif Ersoy Kültür Merkezi	0,941749	0,265638
Sancaktepe Dr. Kadir Topbaş Kültür Merkezi	0,941768	0,265729
Sultan Selim Kültür Merkezi	0,941302	0,26355
Türkiye Dil Ve Edebiyat Derneği	0,941296	0,26353
Türk Edebiyatı Vakfı	0,941291	0,26357
Türkiye Yazarlar Birliği İstanbul Şubesi	0,941289	0,263565
212 Avm /Outlet	0,065724	0,700929
Airport Avm /Outlet	0,303291	0,678638
Akasya Acıbadem Avm	0,120634	0,690798
Akbatı Avm	0,065687	0,697704
Akmerkez Avm	0,303292	0,677663
Akyaka Park Avm	0,064305	0,659137
Anatolium Marmara Avm	0,303289	0,679544
Aqua Florya Avm	0,067746	0,7638
Arenapark Avm	0,120645	0,696437
Armonipark Avm /Outlet	0,522987	0,674589
Astoria Avm	0,522969	0,669849
Ataköy Aplus Avm	0,303289	0,677968
Atirus Avm	0,744174	0,667599
Atlaspark Avm	0,303287	0,680286
Axis İstanbul Avm	0,067428	0,72251
Axis Kağıthane Avm	0,522977	0,67218
Beylikdüzü Migros Avm	0,067421	0,720546
Biz Cevahir Haliç Avm	0,744168	0,667267
Brandium Avm	0,120643	0,695421
Buyaka Avm	0,303281	0,676601
Canpark Avm	0,522991	0,675148
Capacity Avm	0,303291	0,678516

Çizelge E.2 (devam): İstanbul uygulaması GDM aday noktası performans değerleri.

GDM Aday Noktası	Performans Değeri	Depo Olanakları Performans Değeri
Capitol Avm	0,522988	0,674154
Carousel Avm	0,522978	0,671431
City Center Avm	0,522989	0,675176
City's Nişantaşı Avm	0,744143	0,664895
Demiroren İstiklal Avm	0,744137	0,664971
Deposit Avm /Outlet	0,30329	0,680293
Emaar Square Avm	0,12062	0,691425
Flyinn Avm	0,744178	0,667705
Forum İstanbul Avm	0,068365	0,770542
Galleria Ataköy Avm	0,065971	0,714006
Güneşli Park Avm	0,303285	0,679358
Hilltown Avm Küçükyaşı	0,120652	0,696322
Historia Avm	0,744162	0,667114
Home City Avm Pendik	0,303283	0,677472
İsfanbul Avm	0,065714	0,699627
İstinye Park Avm	0,065815	0,705878
İstmarina Kartal Avm	0,120631	0,69364
Kadir Has Avm	0,744171	0,667536
Kale Center /Outlet	0,522976	0,671992
Kozyatağı Carrefour Avm	0,067146	0,753242
Kozzy Avm	0,744197	0,669377
Mall Of İstanbul Avm	0,066991	0,750634
Maltepepark Avm	0,064452	0,665494
Marmara Forum Avm	0,066552	0,737959
Marmara Park Avm	0,065832	0,70628
Metrocorner Avm Dudullu	0,744147	0,66532
Metro Garden Avm	0,52298	0,672811
Metrocity Avm	0,303288	0,678831
Metroport Avm	0,522981	0,672953
Meydan İstanbul Avm	0,064934	0,681796
Neomarin Avm	0,120574	0,683877
Novada Ataşehir Avm	0,744197	0,669609
Oasis Designer Avm /Outlet	0,065725	0,700984
Olimpa Avm	0,744188	0,668942
Olivium Avm /Outlet	0,303284	0,679233
Optimum Ataşehir /Outlet	0,303283	0,676966
Özdilek Park İstanbul	0,120579	0,683877
Palladium Avm Ataşehir	0,120586	0,685706
Pelican Mall Avm	0,303282	0,677083
Pendorya Avm	0,302961	0,638019
Perlavista Avm	0,522989	0,674294
Piazza Maltepe Avm	0,120577	0,683195

Çizelge E.2 (devam): İstanbul uygulaması GDM aday noktası performans değerleri.

GDM Aday Noktası	Performans Değeri	Depo Olanakları Performans Değeri
Plato Avm	0,744185	0,669381
Prestige Mall Avm	0,744174	0,667689
Profilo Avm	0,522983	0,673257
Rings Avm	0,303279	0,676715
Ritim İstanbul Avm	0,303291	0,679784
Sapphire Çarşı	0,522969	0,670406
Skyland İstanbul Avm	0,120627	0,692753
Starcity Avm /Outlet	0,120581	0,685646
Tepe Nautilus Avm	0,065788	0,701829
Torium Avm	0,120624	0,693121
Vadistanbul Avm	0,066171	0,724527
Venezia Mega /Outlet	0,06594	0,714411
Viaport Asia /Outlet	0,067485	0,714229
Watergarden İstanbul	0,1206	0,688274
White Hill Avm	0,744155	0,666213
Zeruj Port Avm	0,744188	0,669426
Zorlu Center Avm	0,066167	0,722764



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad

: Hafize YILMAZ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2009, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
- **Lisans** : 2009, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü (Çift Anadal Programı)
- **Yükseklisans** : 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Programı

MESLEKİ DENEYİM:

- 2010-2011 yılları arasında TTNET Ürün Geliştirme Sorumlusu
- 2011-2016 yılları arasında T.C. Haliç Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi
- 2016'dan günümüze Türk Hava Yolları Uçuş Operasyon Kapasite ve Verimlilik Mühendisi.

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR VE SUNUMLAR:

- **Yılmaz H., Kabak, Ö.** 2020. Prioritizing distribution centers in humanitarian logistics using type-2 fuzzy MCDM approach, *Journal of Enterprise Information Management*, 33(5), 1199-1232. <https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2019-0310>
- **Yılmaz H., Kabak, Ö.** 2016. A Multiple Objective Mathematical Program to Determine Locations of Disaster Response Distribution Centers. *8th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management & Control (MIM2016)*, June 28-30, 2016 Royes, France.
- **Yılmaz H., Kabak, Ö.** 2015. Afet Yardım Depolarının Yer Seçimi için Çok Amaçlı Bir Model, 35. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi (YAEM 2015)*, Eylül 9-11, 2015 Ankara, Türkiye.

- **Yılmaz H.**, Kabak, Ö. 2015. A Multiple Objective Decision Model for Locating Disaster Response Warehouses. *23rd International Conference on Multiple Criteria (MCDM 2015)*, August 2-7, 2015 Hamburg, Almanya.
- **Yılmaz H.**, Kabak, Ö. 2014. İnsani Yardım Lojistiğinde Güncel Gelişmeler, 34. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi (YAEM 2014)*, Haziran 25-27, 2014 Bursa, Türkiye.

DİĞER YAYINLAR VE SUNUMLAR:

- İnan, U. H., Gül, S., **Yılmaz, H.** 2017. A multiple attribute decision model to compare the firms' occupational health and safety management perspectives, *Safety Science*, 91, 221-231. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.08.018>
- Yanık S., Kahraman C., **Yılmaz H.** 2016. Intelligent Process Control Using Control Charts—II: Control Charts for Attributes. In: Kahraman C., Yanık S. (eds) *Intelligent Decision Making in Quality Management. Intelligent Systems Reference Library, Vol 97.* pp. 71-100 Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24499-0_3
- Gül, S., **Yılmaz, H.** & TOPÇU, Y. İ. 2013. An Integrated AHP&VIKOR Method for Hospital Site Selection, *22nd International Conference on Multiple Criteria Decision Making, MCDM' 2013*, June 17-21, 2013 Malaga, Spain.
- **Yılmaz, H.**, Erdir, G., Özden, K. & Gül, S. 2013. Assessing Healthcare Service Quality Using an Integrated AHP and Fuzzy TOPSIS Method , *26th European Conference on Operational Research, EUROINFORMS 2013*, July 1-4, 2013 Rome, Italy.
- Özden, K., **Yılmaz, H.** & Yıldırım, B. 2013. İşletmelerde Kullanılan Satış Öngörüleme Teknikleri ve Satış Öngörülemede Karşılaşılan Sorunlar , *9. Endüstri - İşletme Mühendisliği Kurultayı*, 6-7 Aralık, 2013 Eskişehir, Türkiye.
- İnan, U. H. & **Yılmaz, H.** 2013. Hizmet Sektöründe Çalışan Memnuniyetine Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi: Perakende Ayakkabıcılık Sektöründe Bir Uygulama, *33. Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi, YAEM' 2013*, 26-28 Haziran, 2013 İstanbul, Türkiye.
- **Yılmaz, H.**, & İnan, U. H. 2012. Bir Hastanede Hasta Memnuniyetinin Ölçülmesine Yönelik İstatistiksel Süreç Kontrol Çalışması, *32. Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi, YAEM' 2012*, 20-22 Haziran, 2012 İstanbul, Türkiye.