

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AFET LOJİSTİK YÖNETİM SİSTEMLERİNİN
İNCELENMESİ VE YENİ MODEL TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Beyza TOPAL

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Orhan TORKUL

Eylül 2015

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

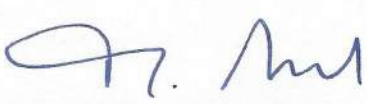
AFET LOJİSTİK YÖNETİM SİSTEMLERİNİN
İNCELENMESİ VE YENİ MODEL TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

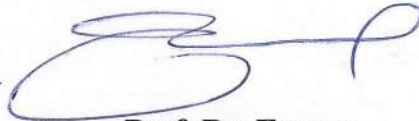
Beyza TOPAL

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

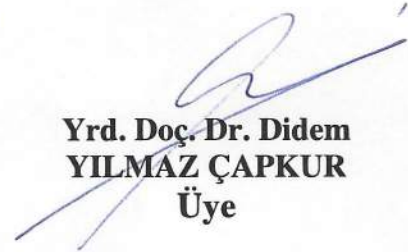
Bu tez 28/09/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Orhan
TORKUL
Jüri Başkanı



Prof. Dr. Erman
COŞKUN
Üye



Yrd. Doç. Dr. Didem
YILMAZ ÇAPKUR
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Beyza TOPAL

28.09.2015

ÖNSÖZ

Afetler doğal ve insan kaynaklı olmak üzere iki genel başlık altında incelenebilir. İnsan kaynaklı afetleri önlemek mümkün olsa da doğal afetlerin oluşumu engellenemez. Oluşan bir afetten maddi ve manevi en az zararla kurtulmak için iyi yönetilen bir afet lojistik sistemine ihtiyaç vardır.

Afet yönetiminin her aşamasında lojistik faaliyetlerden yararlanmak gerekmektedir. Zamanında ve yeterli miktarda sağlanan yardım malzemeleri ve tahliye ekipmanları maddi ve manevi kaybın önüne geçmektedir. Yapılan çalışmada geliştirilen model afet lojistiği için bir kaynak teşkil edecektir.

Çalışma boyunca her türlü desteğini gördüğüm ve bilgi birikiminden yararlandığım değerli tez danışmanım Prof. Dr. Orhan TORKUL'a teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmamda yardım ve desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Muhammet Raşit Cesur'a teşekkür ederim Aynı zamanda süreç boyunca anlayışlarını, yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	13
-------------	----

BÖLÜM 2.

GENEL BİLGİLER	16
2.1. Literatür Taraması	16
2.2. Afet Kavramı	37
2.3. Türkiye'nin Afetler Yönünden Değerlendirmesi	39
2.3.1. Depremler	40
2.3.2. Heyelanlar.....	41
2.3.3. Su baskınları	42
2.3.4. Çığlar	43
2.3.5. Kaya düşmesi	44
2.3.6. Diğer afetler	45
2.3.7. İklim değişikliği	46
2.3.8. Teknolojik ve insan kaynaklı afetler.....	48
2.3.9. Ülkelerin özel durumları.....	49
2.4. Afet Zararlarının Değerlendirmesi.....	50

2.5. Afet Yönetimi Kavramı	51
2.6. Afet Yönetimi Tarihsel Gelişimi	52
2.7. Afet Yönetim Sistemi.....	55
2.8. Lojistik Kavramı	58
2.9. Afet Lojistiği Kavramı	59
2.10. Afet Lojistiği Aşamaları.....	60
2.10.1. Afet öncesi hazırlık.....	61
2.10.2. Afet müdahale süreci	66
2.10.3. Müdahale sonrası.....	67
2.11. İnsani Yardım Lojistiği	70
2.12. Türkiye’de Afet Lojistik Yönetim Sistemi	72

BÖLÜM 3.

ARAŞTIRMA PROBLEMİ	75
3.1. Problem	75
3.2. Çalışmanın Amacı	75
3.3. Çalışmanın Önemi	76
3.4. Çalışmanın Yöntemi	76
3.5. Matematiksel Model	77
3.6. Sezgisel (Heuristik) Teknikler	79
3.7. Metasezgisel Yöntemler	81
3.8. Tabu Araştırma.....	86
3.9. Tavlama Benzetimi	89
3.10. Sürü Zekâsı Teknikleri	93
3.10.1. Parçacık sürü optimizasyonu	94
3.10.1.1. PSO terimleri ve parametreleri	95
3.10.2. Karınca koloni optimizasyonu	97
3.10.3. Karıncaların besin arama davranışları	99
3.10.4. Karınca koloni algoritması	101
3.11. Yapay Arı Koloni Optimizasyonu	103
3.11.1. Arıların besin arama davranışları	103
3.11.2. Yapar arı kolonisi algoritması	107

3.11.2.1. Rastgele besin kaynaklarının üretilmesi	109
3.11.2.2. İşçi arıların besin kaynaklarına gönderilmesi	110
3.11.2.3. Gözcü arıların besin kaynaklarına gönderilmesi	111
3.11.2.4. Besin kaynağının terk edilmesi, kâşif arı üretilmesi ...	112

BÖLÜM 4.

UYGULAMA	116
4.1. Sakarya İli Deprem Senaryosu	116
4.2. AFAD Depoları Genel Bilgiler	119
4.3. Uzaklık Matrisi Oluşturma	123
4.4. Algoritma Çözümleri	126
4.4.1. Karınca koloni algoritması çözümleri	126
4.4.1.1. KKA anova testi	128
4.4.2. Yapay arı koloni algoritması çözümleri	144
4.4.2.1. YAKA anova testi	146

BÖLÜM 5.

SONUÇ VE ÖNERİLER	155
KAYNAKLAR	158
EKLER	166
ÖZGEÇMİŞ	178

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ACEs	: Agency Centric Efforts
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
ALYO	: Acil Lojistik Yardım Operasyonu
ARP	: Assessment Routing Problem
CANs	: Collaborative Aid Networks
CRED	: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
DAH	: Decomposition and Assignment Heuristic
DLKDS	: Deprem Lojistiği Karar Destek Sistemi
DRP	: Değerlendirme Rotalama Problemi
EM-DAT	: Emergency Events Database
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
ITS	: Intelligent Transportation Systems
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
JICA	: Japan International Cooperation Agency
KHK	: Kanun Hükmünde Kararname
KİT	: Kamu İktisadi Teşekkülü
KKA	: Karınca Koloni Algoritması
KKOA	: Karınca Koloni Optimizasyon Algoritması
PIEs	: Partially Integrated Efforts
pLEPs	: p-level efficient points
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu
RFID	: Radio Frequency Identification Devices
SBY	: Sıklığa Dayalı Bellek Yapısı
TA	: Tabu Arama
TAMP	: Türkiye Afet Müdahale Planı

TB	: Tavlama Benzetimi
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
TUAA	: Türkiye Ulusal Afet Arşivi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UDSEP	: Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı
UNHCR	: United Nations High Commissioner for Refugees
WMO	: World Meteorological Organization
YAK	: Yapay Arı Kolonisi
YAKA	: Yapay Arı Koloni Algoritması
YBY	: Yakınlık Geçmişe Dayalı Bellek Yapısı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. 1990-2013 yılları arasında Dünya’da oluşan afet ve mağdur sayılarının eğilim grafiği	38
Şekil 2.2. Türkiye afet dağılımları grafiği(1894-2014)	40
Şekil 2.3. 1900 – 2013 yılları arası, Türkiye ve Çevresi sismik aktivite	41
Şekil 2.4. Türkiye heyelanlı yerleşim birimleri mekansal dağılımı	42
Şekil 2.5. Yıllara göre heyelanlardan etkilenen afetzede sayıları	42
Şekil 2.6. Türkiye su baskınlı yerleşim birimleri mekansal dağılımı	43
Şekil 2.7. Yıllara göre su baskınlarından etkilenen afetzede sayıları	43
Şekil 2.8. Türkiye çığ olaylarının mekansal dağılımı	44
Şekil 2.9. Yıllara göre çığ olayından etkilenen afetzede sayıları	44
Şekil 2.10. Türkiye kaya düşmesi olayları mekansal dağılımı	45
Şekil 2.11. Yıllara göre kaya düşmesi olayından etkilenen afetzede sayıları	45
Şekil 2.12. Türkiye’de diğer afet türlerinin mekansal dağılımı	45
Şekil 2.13. Yıllara göre diğer afet olaylarından etkilenen afetzede sayıları	46
Şekil 2.14. Türkiye’deki Suriyeli sığınmacı sayısı	50
Şekil 2.15. Afet yönetim sistemi halkası	56
Şekil 2.16. Ulusal afet müdahale organizasyon şeması	73
Şekil 2.17. Lojistik bölge haritası	74
Şekil 3.1. Araç rotalama problemi çözüm yöntemleri	76
Şekil 3.2. Sezgisel Yöntemler	80
Şekil 3.3. Tabu arama algoritması	89
Şekil 3.4. Karıncaların besin arama davranışları	99
Şekil 3.5. Engelle karşılaşılan karıncalar	100
Şekil 3.6. Engelle karşılaşılan karıncaların rastgele davranış sergilemeleri	101
Şekil 3.7. Kısa yolu tercih eden karıncalar	101
Şekil 3.8. Arıların besin arama çevrimi	106

Şekil 3.9. Rastgele üretilmiş rota	114
Şekil 3.10. Yer değiştirme operatörü uygulanmış rota	114
Şekil 3.11. Ekleme operatörü uygulanmış rota	114
Şekil 3.12. Ters çevirme operatörü uygulanmış rota	114
Şekil 3.13. YAKA algoritması	115
Şekil 4.1. Sakarya deprem haritası	117
Şekil 4.2. AFAD konteyner modeli	120
Şekil 4.3. 96 konteynerlik depo üstten görünüş	119
Şekil 4.4. 48 konteynerlik depo üstten görünüş	121
Şekil 4.5. GetDistance ile uzaklık matrisi oluşturma	126
Şekil 4.6. Karınca koloni algoritması ekran çıktısı	127
Şekil 4.7. α değerleri için istatistiki değerler (KKA-mesafe)	129
Şekil 4.8. α değerleri için F testi sonucu (KKA-mesafe)	129
Şekil 4.9. α değerleri için tukey testi sonucu (KKA-mesafe)	130
Şekil 4.10. α değerleri için mesafe sonuçları (KKA)	130
Şekil 4.11. β değerleri için istatistiki sonuçlar (KKA-mesafe)	131
Şekil 4.12. β değerleri için F testi sonuçları (KKA-mesafe)	131
Şekil 4.13. β değerleri için tukey testi sonuçları (KKA-mesafe)	132
Şekil 4.14. β değerleri için mesafe sonuçları (KKA)	132
Şekil 4.15. Karınca sayısı için istatistiki sonuçlar (KKA-mesafe)	133
Şekil 4.16. Karınca sayısı için F testi sonuçları (KKA-mesafe)	133
Şekil 4.17. Karınca sayısı için tukey testi sonuçları (KKA-mesafe)	134
Şekil 4.18. Karınca sayısı için mesafe sonuçları (KKA)	134
Şekil 4.19. Feromon miktarı için istatistiki sonuçları (KKA-mesafe)	135
Şekil 4.20. Feromon miktarı için F testi sonuçları (KKA-mesafe)	135
Şekil 4.21. Feromon miktarı için tukey testi sonuçları (KKA-mesafe)	136
Şekil 4.22. Feromon miktarı için tukey mesafe sonuçları (KKA)	136
Şekil 4.23. α değeri için istatistiki sonuçlar (KKA-süre)	137
Şekil 4.24. α değeri için F testi sonuçları (KKA-süre)	137
Şekil 4.25. α değeri için tukey testi sonuçları (KKA-süre)	138
Şekil 4.26. α değerleri için süre sonuçları (KKA)	138
Şekil 4.27. β değerleri için istatistiki sonuçlar (KKA-süre)	139

Şekil 4.28. β değerleri için F testi sonuçları (KKA-süre)	139
Şekil 4.29. β değerleri için tukey testi sonuçları (KKA-süre).....	140
Şekil 4.30. β değerleri için süre sonuçları (KKA).....	140
Şekil 4.31. Karınca sayısı için istatistiki sonuçlar (KKA-süre)	141
Şekil 4.32. Karınca sayısı için F testi sonuçları (KKA-süre)	141
Şekil 4.33. Karınca sayısı için tukey testi sonuçları (KKA-süre)	142
Şekil 4.34. Karınca sayısı için süre sonuçları (KKA)	142
Şekil 4.35. Feromon miktarı için istatistiki sonuçlar (KKA-süre)	143
Şekil 4.36. Feromon miktarı için F testi sonuçları (KKA-süre).....	143
Şekil 4.37. Feromon miktarı için tukey testi sonuçları (KKA-süre)	144
Şekil 4.38. Feromon miktarı için süre sonuçları (KKA)	144
Şekil 4.39. YAKA ekran görüntüsü	145
Şekil 4.40. Limit değerleri için istatistiki sonuçlar (YAKA-mesafe)	147
Şekil 4.41. Limit değerleri için F testi sonuçları (YAKA-mesafe)	147
Şekil 4.42. Limit değerleri için tukey testi sonuçları (YAKA-mesafe)	148
Şekil 4.43. Limit değerleri için mesafe sonuçları (YAKA)	148
Şekil 4.44. Maxcycle değerleri için istatistiki sonuçlar (YAKA-mesafe)	149
Şekil 4.45. Maxcycle değerleri için F testi sonuçları (YAKA-mesafe)	149
Şekil 4.46. Maxcycle değerleri için F testi sonuçları (YAKA-mesafe)	150
Şekil 4.47. Maxcycle değerleri için mesafe sonuçları (YAKA)	150
Şekil 4.48. Limit değerleri için istatistiki sonuçlar (YAKA-süre)	151
Şekil 4.49. Limit değerleri için F testi sonuçları (YAKA-süre).....	151
Şekil 4.50. Limit değerleri için tukey testi sonuçları (YAKA-süre)	152
Şekil 4.51. Limit değerleri için süre sonuçları (YAKA)	152
Şekil 4.52. Maxcycle değerleri için istatistiki sonuçlar (YAKA-süre)	153
Şekil 4.53. Maxcycle değerleri için F testi sonuçları (YAKA-süre)	153
Şekil 4.54. Maxcycle değerleri için tukey testi sonuçları (YAKA-süre)	153
Şekil 4.55. Maxcycle değerleri için süre sonuçları (YAKA)	154

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. TUAa afet verileri (1984-2014)	39
Tablo 3.1. Metasezgisel yöntemler ve uygulama alanları	85
Tablo 4.1. Sakarya’da oluşacak hasar ve kayıp tahmin bilgileri	118
Tablo 4.2. Sakarya ve çevre illerde oluşabilecek hasar ve kayıp tahminleri	118
Tablo 4.3. Etkilenen illerin ihtiyaç bilgileri	119
Tablo 4.4. Konteynerlardaki yardım malzemelerinin dağılımı	122
Tablo 4.5. AFAD depo kapasite bilgileri	123
Tablo 4.6. Adres bilgileri	123
Tablo 4.7. Mesafe matrisi (Bir kısmı)	126
Tablo 4.8. KKA afet bölgesi depo eşleşmesi	128
Tablo 4.9. YAKA afet bölgesi depo eşleşmesi	146

ÖZET

Anahtar kelimeler: Afet, Afet Lojistiği, Yapay Arı Koloni Algoritması, Karınca Koloni Algoritması

Her yıl dünya üzerinde yaşanan afetler sebebiyle can ve mal kayıpları yaşanmakta ve bu durumda ekonomi büyük zarar görmektedir. Yaşanan zararı azaltmak için afet yönetim sisteminin bir parçası olan lojistik sistemleri etkin bir şekilde yönetilmelidir.

Yapılan çalışmada afet lojistik sistemleri için yeni bir model önerisi geliştirilmiştir. Model için Yapay Arı Koloni ve Karınca Koloni Algoritmalarından yararlanılmıştır. Tedariği sağlanacak yardım malzemelerinin en kısa yoldan afet yaşanan bölgelere ulaştırılmasını sağlayacak bir model önerilmiştir.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde giriş yapılmıştır. İkinci bölümde genel bilgilere yer verilmiştir. Üçüncü bölümde Araştırma problemi açıklanmıştır. Dördüncü bölümde uygulama adımları yer almıştır. Beşinci bölümde sonuçlar değerlendirilmiş ve öneriler sunulmuştur.

Karınca Kolonisi Algoritması Yapay Arı Koloni Algoritmasına göre daha kısa sürede daha kısa mesafe sağlamıştır. Bunun sebebi Karınca Koloni Algoritmasının yerel minimum noktalardan daha kolay kaçabilmesidir.

Çalışma 2., 3. veya 4. dereceden her türlü afet için bir çözüm üretebilmektedir. Afet lojistik yardım malzemelerinin hangi bölgelerden ve ne kadar alınacağı sonucunu da bizlere sunmaktadır. Algoritma parametreleri üzerinde varyans analizleri yapılarak hangi değerde en iyi sonucun elde edildiği de incelenmiştir.

INVESTIGATION OF DISASTER LOGISTIC MANAGEMENT SYSTEMS AND A NEW SYSTEM DESIGN

SUMMARY

Keywords: Disaster, Disaster Logistic, Artificial Bee Colony Algorithm, Ant Colony Algorithm

Life and property losses are experienced due to disasters which are occurring every year all over the world and in this case economy suffers. Logistics systems included in the disaster management system must be managed effectively to reduce the damage occurring.

A new model is proposed in the thesis for disaster logistics based on artificial Bee Colony and Ant Colony algorithms for the mentioned model. The model is suggested to ensure the delivery of the shortest path to the disaster experienced.

The thesis is consisted of five chapters. The first chapter is arranged as an introduction for the topic and general information is stated in the second one. Furthermore; the research problem has been explained in the third chapter besides implementation steps are situated in the fourth section. The results were analyzed and recommendations were presented in the fifth chapter.

Ant Colony Algorithm is suggested to provide more quickly and shorter distance comparing to Artificial Bee Colony Algorithm because of the fact that it is easier to escape from the local minimum points in the Ant Colony Algorithm.

The study is supposed to produce a solution for all kinds of disasters which are from the 2nd, 3rd and the 4th degrees additionally it reflects the areas of disaster logistics relief materials and how much to take. Due to the variance analyses applied for the algorithm parameters, value degrees to provide better results are examined.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Teknoloji ve sanayinin hızlı ilerleyişi, nüfusun artması ve ekolojik dengenin bozulması gibi insan kaynaklı tetikleyicilerle birlikte doğal kaynaklı hareketlenmeler küçük, orta ya da büyük ölçekli afetlerin oluşumuna yol açmaktadır. Nüfus dağılımındaki dengesizlik, tehlike oluşumuna müsait bölgelerin yerleşime açılması, doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı ve güvenlik tedbirlerinin göz ardı edilmesi sebebiyle meydana gelen afetler şiddeti düşük dahi olsa yıkıcı sonuçlar doğurabilmektedir.

Afet çalışmaları genellikle afet oluşumu sonrasına odaklanmaktadır. Daha etkili bir sistem hedefini yakalamak, afet oluşmadan önce engellemek ve yaşanabilecek kayıpların önüne geçebilmek etkin bir yönetim ve lojistik sistemi kurulmasıyla doğrudan ilişkilidir.

Ülkemizin afet yönetimi geçmişi incelendiği zaman bir takım sonuçlara varılmıştır. Ülkemizde doğal afetlere ilişkin politikalar ilk olarak 1939 Erzincan Depremi sonrası geliştirilmeye başlanmış; 1959 yılında çıkarılan 7269 sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun” ile konuyla ilgili yasal boşluk giderilmeye çalışılmıştır. Afetlerle ilgili yasal düzenlemeler 1988 yılında devletin tüm imkânlarının afet bölgesine en hızlı şekilde ulaşmasını ve afetzede vatandaşlara en etkin ilk müdahalenin yapılmasını sağlamak amacıyla çıkarılan “Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik” ile devam etmiştir [1].

Türkiye’de afet ve acil durum ile ilgili kanun ve yasalar yaşanmış afet olayları sonrasında çıkarılmıştır. Bu sebeple afet öncesi çalışmalara yoğunlaşma uzun yıllar sonrasında gerçekleştirilebilmiştir. 1999 depremi sonrası afet yönetimi konusunda

belirlenmiş olan kritik hedeflerin bir kısmı ülkenin ekonomik durumu ve alt birimler tarafından gerekli önemin verilememesi sebebiyle kâğıt üzerinde kalmıştır.

2009 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın (AFAD) kurulması ile birlikte afet yönetimi tek bir çatı altında toplanarak yönetimden kaynaklı sorunlar ortadan kaldırılmıştır.

Afet yönetimi bütünlük bir sistemdir ve 5 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; zarar azaltma, önceden hazırlık, kurtarma ve ilk yardım, iyileştirme ve yeniden inşa aşamalarıdır. Her bir aşama birbiri ile iç içe yürütülmektedir. Etkin bir afet yönetimi elde etmek afet öncesi ve sonrası süreçleri bütünlük olarak yönetebilme ile sağlanacaktır.

Afet lojistik çalışmaları afetten önce ve sonra yer almaktadır ve afet yönetim aşamalarında önemli bir yeri vardır. Afet öncesinde gerekli yardım malzemelerinin tedariki sağlanarak depolarda gerekli miktarda stoğu tutulmaktadır. Afet anı ve sonrasında ise afet bölgelerine afet lojistik depolarından gerekli talep doğrultusunda malzeme aktarımı en hızlı şekilde sağlanmaktadır. Afet lojistiğinde en önemli faktör hız faktörü olduğu için malzemelerin en kısa sürede afet bölgelerine ulaştırılarak etkilenen kişilere en hızlı şekilde cevap verilmesi hedef noktadır.

AFAD'ın 2013 yılında hazırlamış olduğu Türkiye Afet Müdahale Planının (TAMP) amacı; afet ve acil durumlara ilişkin müdahale çalışmalarında görev alacak hizmet grupları ve koordinasyon birimlerine ait rolleri ve sorumlulukları tanımlamak, afet öncesi, sırası ve sonrasındaki müdahale planlamasının temel prensiplerini belirlemektir. TAMP, ülkemizde yaşanabilecek her tür ve ölçekte, afet ve acil durumlara müdahalede görev alacak, bakanlık, kurum ve kuruluşlar, özel kuruluşlar, sivil toplum kuruluşları ve gerçek kişileri kapsamaktadır. TAMP doğrultusunda Türkiye 15 lojistik bölgeye ayrılmış ve iller gruplanarak olası afet durumunda destek sağlanacak birinci ve ikinci derece bölgeler tespit edilmiştir. Bu 15 lojistik bölgeye 22 adet afet lojistik depo kurulmuştur. Lojistik depoların kurulacağı yerler,

bölgelerin afet ve afet türlerine maruz kalma sıklığı, ortalama yıllık hasar görülebilirlik oranı, ulaşım ve nüfus özellikleri dikkate alınarak belirlenmiştir [2].

Problem konusu afet anında afet bölgesine afet lojistik yardım malzemelerinin en kısa sürede ulaştırılmasıdır. Bunun için bir model geliştirilmiştir.

Çalışmada geliştirilen modelde kurulumu tamamlanmış olan 22 afet lojistik deposu göz önüne alınarak alınmıştır. Geliştirilen model 2., 3. veya 4. seviyede gerçekleşmiş olan her hangi bir afete uyarlanabilmektedir. Model, sezgisel algoritmalar ile kurulmuştur. Problem konusuna sezgisel tekniklerle yaklaşılmasının sebebi sezgisel algoritmaların klasik yöntemlere göre çok daha kısa sürede çözüm bulmasıdır. Sezgisel teknikler klasik çözüm tekniklerine göre optimal çözüm garanti etmeseler de optimale yakın çözümü garanti etmektedirler.

Sonuçlar değerlendirildiği zaman orta ve büyük ölçekli herhangi bir afete lojistik müdahale gerektiği durumlarda önerilen model kullanılabilecektir. Etkilenen kişi sayısı için ihtiyaç duyulan afet lojistik yardım malzeme miktarı ve afet bölge adreslerinin programa girilmesi ile en kısa sürede tamamlanan rota bilgisi ve hangi bölgelerden ne kadar yardım alınacağı bilgisi elde edilmektedir. İlerleyen bölümlerde genel bilgiler, önerilen model ve sonuçlar kısımlarında ayrıntılı analizlerle probleme çözüm üretilmiştir.

BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER

2.1. Literatür Taraması

Afet lojistiği, afet yönetiminde büyük önem arz eden aşamalardan bir tanesidir. Lojistik faaliyetler afet yönetim çevriminin tüm aşamalarında yer almaktadır. Etkin bir afet lojistik yönetim sistemi ile afetlerden en az zararla kurtulmak mümkündür. Ülkemizde yapılan çalışmalar açısından afet lojistiği literatürünü değerlendirecek olursak konuyla ilgili yeterli çalışmaya henüz ulaşılmadığı görülmektedir. İlerleyen kısımda konuyla ilgili olarak yapılan çalışmalar ayrıntılı şekilde incelenmiş ve analiz edilmiştir.

Mehmet Tanyaş ve ark. [3], olası büyük İstanbul depremini göz önünde bulundurarak deprem lojistiği üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Afet lojistiğini, “Acil durum ve afetlerden etkilenmiş afetzedelere yardım etmek üzere bilgi, insan ve kaynak lojistiğinin etkin ve verimli bir şekilde yönetimi.” şeklinde tanımlamışlardır. İstanbul için en büyük riske sahip olan deprem afetinin etkilerini en aza indirmek için lojistik bir model önerilmiştir. Model; haberleşme, taşımacılık, depolama, altyapı, enkaz kaldırma, geçici iskân, dış kuruluşlarla koordinasyon ve personel sağlık hizmetleri faaliyetlerini kapsamaktadır. Afet lojistiğinin afet yönetimi operasyonları arasındaki önemine vurgu yapılarak ülkemizin bir lojistik modele ihtiyacı olduğu belirtilmiştir. Hiyerarşik yapıya sahip bir afet yönetim modeli öngörülmüştür. Çalışmada önerilen organizasyon yapısı temelde AFAD’ın organizasyon şeması ile uyum içindedir. Farklılıklar AFAD mevzuatı yapılırken afetle mücadelenin en etkili yönü olarak merkeziyetçi çatı düşünülürken, önerilen yapıda lojistik bakış açısı temel alınmış ve temel aktivitelerde otonomi yerel birimlere kaydırılırken, koordinasyon ve iletişimin etkili olabilmesi için merkezi bir karar alma ve yönlendirme yapısının merkeze ve doğrudan Başbakanlığa bağlı kalması düşünülmüştür. Ümraniye

Belediyesi'nde yapılan uygulamada, bu yapının hem mevzuat ile çelişmediği hem de etkin bir kullanım sağladığı gözlenmiştir.

Taylan Pektaş [4], ilçe bazında afet lojistiği üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, depremin meydana getirdiği zararları azaltmak adına gelişmiş ülkelerden örnekleri inceleyerek İstanbul'un Başakşehir ilçesi için bir afet lojistik planı oluşturulmuştur. Çalışmanın sonuçları derlenecek olursa, lojistik yönetim modeli için bir takım önerilerde bulunulmuştur. Bunlardan başlıcaları, AFAD bünyesinde afet lojistiği departmanı kurulması, afet lojistik hareket planı oluşturulması, lojistik tatbikatlar yapmak ve halkı da lojistik hareket konusunda bilinçlendirmek, kapsamlı ve düzenli olarak kontrolü sağlanacak lojistik depolar kurulması, her türlü kriz durumunda işlevini sürdürebilecek ekipmanlar ile malzeme akışının devamının sağlanabilmesi, Amerika'da uygulanan sisteme benzer olarak "İhtiyaç İletişim Portalı" kurulması, lojistik alanda uzman kişilerle çalışmak ve müdahale ekibi kurmak, planlı, hızlı ve hatasız olarak hareket edebilmektir.

Ayşenur Kibar [5], çalışmasında afet sonrası bağlantı yollarında meydana gelebilecek hasarları göz önünde bulundurarak alternatif yol ve yöntemlerle etkilenen bölgeye en kısa zamanda ulaşılmasını hedefleyen bir model geliştirmiştir. İlgilenilen problem, afet esnasında kapanmış olan yollardan hangilerinin açılması gerektiği ve böylece dağıtımın gerçekleşeceği turların belirlenmesidir. Amaç, en uzun tur uzunluğunu en küçükmektir. Çalışma tek araç ve tek depo durumu incelenmiştir. Çalışma İstanbul baz alınarak gerçekleştirilmiştir. 10 farklı senaryo ele alınmıştır. İki farklı hasar seviyesi belirlenmiş ve buna göre bloke olmuş yolları açma süresi belirlenmiştir. Uygulanan modellere göre, yüksek süre verilen blok açma süreleri, kısa süre verilen durumlara göre daha kolay çözümlenmiştir. Araç sayısının artması problem çözümünü uzatmaktadır. Depo sayısının artması da amaç değerini arttırmaktadır. Ayrıca çalışmada, tek bir depo için birden fazla araç atayarak çözüm üretmenin, birden çok depoya tek araç atayarak çözmekten daha zor olduğu görülmüştür.

Alper Döyen [6], afet zararlarını azaltma ve insani yardım lojistiği üzerine hazırladığı doktora çalışmasında, problem konusunu iki kademeli rastsal tamsayılı programlama ile modellemiştir. Çalışmada iki model ele alınmıştır. Birinci modelde amaç, toplam tesis yerleşimi, envanter tutma, ulaştırma ve malzeme eksikliği maliyetlerini en küçükmektir. Ayrıca, bina ve yol güçlendirme kararlarının deprem öncesi planlanması, deprem sonrası tepki kararlarını etkilediğini düşünüldüğü için bu güçlendirme kararlarını da içeren bütünleşik bir model daha önerilmiştir. Amaç fonksiyonu; toplam güçlendirme, yardım malzemeleri taşıma ve karşılanamayan talep maliyetlerinin en küçüklmesi olarak tanımlanmıştır. Her iki modelin belirleyici eşdeğerleri, karışık tamsayılı doğrusal programlama modelleri olarak formüle edilmiş ve Lagrange gevşetmesi temelli sezgisel yöntemlerle çözülmüştür. Rastgele oluşturulmuş test örnekleri ile elde edilen sonuçların önerilen çözüm yöntemleri farklı parametre düzenlerinde iyi performans gösterebildiği belirtilmiştir. Tezde önerilen modelde acil durum için iki tür tesis düşünülmüştür. Bunlar: bölgesel kurtarma merkezleri ve yerel kurtarma merkezleridir. Yardım malzemeleri afet öncesi kurulmuş olan bölgesel kurtarma merkezlerinde stoklanmaktadır ve dağıtım afet sonrası kurulmuş olan yerel kurtarma merkezleri yoluyla yapılmaktadır. Bölgesel kurtarma merkezlerinde bir kapasite kısıtı yoktur fakat yerel kurtarma merkezleri kapasiteleri kısıtlıdır. Örneğin; okullar, spor merkezleri vs. gibi alanlardır. Afet alanına gelen yardım öğelerinin dağıtımını sağlamak için kurulmuşlardır. Etkili bir afet sonrası müdahale için iki tür kurtarma merkezinin konumlarının kararı afet öncesi planlama aşamasında verilmektedir. Yerel merkezler özellikle metropol kentlerde deprem risklerini azaltarak hızlı tepki gösterebilmiştir fakat bu tesislerin afet dışında atıl kalmaması adına geçici alanlarda (kamu binaları gibi) kurulması kararı alınmıştır. Her bir yerel kurtarma merkezi tek bir bölgesel merkeze atanır. Ayrıca talep noktalarına her bir yardım malzemesi türü tek bir yerel merkezden gönderilir. Afetin yeri ve şiddeti tam olarak bilinmediği için modellemeler belirli senaryolar baz alınarak yapılmaktadır. Çalışmada iki aşamalı çok malzemeli stokastik tesis yeri formüle edilmiştir. Bölgesel ve yerel merkezlerin konumları ve stoklanacak malzeme miktarı ilk aşamada belirlenmekte, yerel merkezlerden talep noktalarına atamalar ise ikinci aşamada belirlenmektedir. Belirlenmiş felaket senaryosuna göre sonraki telafi gönderimlerine de ilk aşamada karar verilebilmiştir.

Amaç, merkezlerin maliyetlerini, her aşamadaki taşıma maliyetlerini ve karşılanamayan talep maliyetlerini minimize etmektir.

Meryem Müge Karaman [7], acil durum yardımı konusunda depoların stok durumunun incelediği tez çalışmasında acil yardım malzemesi depoları için tek bir tip malzeme için en iyi depolamayı sağlayacak olan bir matematiksel model önermiştir. Modelde tek periyotluk gazete bayi modeli örnek alınmıştır. Modelin parametreleri; depolanan malzemenin ekonomik ömrü, deprem olma olasılığı ve olası afet durumunda beklenen talep durumudur. Model, farklı bölgelerde bulunan ve aynı malzemenin stokunun tutulduğu ve birbiriyle bağlantılı olan iki depo için en iyi depolama kararının verilmesini sağlamaktadır. Model, gazete bayisi probleminin zaman dilimi ve talep edilen kişi sayısı kısıtlarıyla genişletilmiştir. Problemin çözümü sayısal hesaplamalar ile yapılmış, farklı parametrelerle çözüm analiz edilmiştir. Modelin uygulaması İstanbul ilinde yapılmıştır. Oluşabilecek bir deprem durumunda meydana gelecek çadır gibi malzemelere duyulacak talebi de hesap edilerek sayısal çözümlere dâhil edilmiştir. Dış kaynak ihtiyacı olan durumlarda hangi kurumdan tedarik edileceği konusu da gelecek çalışmalar için önerilmiştir.

Nihan Karaca [8], afet öncesi hazırlık ve yardım malzemesi dağıtımı konusunda hazırladığı tez çalışmasında, üç aşamalı tedarik zinciri problemini ele almıştır. Karar aşamalarını afet öncesi ve sonrası olarak ele almış ve matematiksel olarak modellemiştir. Afet öncesi aşamada açılması gereken ana depolar ve bunların envanter kararlarını içermektedir. Bu aşamada rastgele veriler incelenmemiştir. Afet sonrası aşamada ise problemin ikinci ve sonraki aşamalarında rastgelelik gözlemlendikten sonra mevcut envanter kullanılarak, değişen yol kapasitesi ve talep miktarlarına göre yollardan gönderilecek olan malzeme miktarı ve taleplerin ne kadarının karşılanacağı kararları alınmaktadır. Problemin ilk aşaması karışık tam sayılı doğrusal optimizasyon problemi olarak ele alınmış ikinci ve sonraki aşamalar ise doğrusal programlama şeklinde modellenmiştir. Talep ve yol kapasitelerinin verileri, deterministik eşleniği örnek ortalaması yöntemiyle elde edilmiştir. Problem formülasyonu risk altında koşullu değer kullanılarak geliştirilmiş ve genel varsayımlar yapılarak Stokastik dual dinamik programlama yöntemiyle çözülmüştür.

Uygulama İstanbul ilinde yapılmıştır. Çalışmada nüfus ve yolların kapasitesinde gün içinde oluşacak dalgalanmalar göz ardı edilmiştir. Problemin amacı maliyet minimizasyonu sağlamaktır.

Ceyda Kırıkçı [9], hazırlamış olduğu tezinde olası bir İstanbul depremi için depo yeri seçimi ve tahliye yollarının belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Amaç insanları tahliye etme süresinin belirli kısıtlar altında minimum olmasını ve açılacak barınak sayısını en aza indirmeyi sağlamaktır. Çalışmada iki ayrı matematiksel model önerilmektedir. Bunlardan ilki, uzunluk kısıtlı olası güzergâhları girdi olarak alan bir tahliye modelidir. İkincisi de ağ yapısını doğrudan kullanan serim akış bazlı bir modeldir ve güzergâhları çözüm çıktısının bir parçası olarak sunulmuştur. Problemin ağ yapısı, 38 talep düğümü, 49 potansiyel barınak düğümü, 209 aktarma düğümü ve 814 ark (yay) içermektedir. Modeller, ayrıt ve barınak kapasitelerinin olup olmadığı ayrıca farklı tesis sayılarının olduğu durumlar için çözülmüştür. Modeli etkileyen üç parametre olmuştur. Bunlar, açık barınakların sayısı, barınak kapasitesi ve ark kapasitesidir. Analizlerde ölçülen değerler şunlardır; insanların ulaşacakları barınaklara yapacakları ortalama ve maksimum seyahat mesafesi, açılması gerekli olan barınak sayısı, barınak kapasite kullanımı, ark kapasite kullanımı, talep noktalarından barınaklara insanların atanması ve atanmış nüfus miktarı ve barınak noktalarına talep puanlarının atanması için kullanılan arklar (yay)/yollardır. 8 farklı durumda parametre değişikliklerine göre çıkan sonuçlar incelendiği zaman, kurulması gerekli olan yeni tesisler 10 km'ye kadar mesafede olmalıdır. Eğer yeni noktalar talep noktalarına yakınsa, bu ağa tanıtılmaz ve daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Analizler sonucu model 2, barınak düğüm kapasite sınırı olmamasından dolayı daha iyi sonuçlar vermiştir.

Selin Özdiñ [10], kurtarma yardımlarının etkin dağılımı için acil durum tesislerinin konum problemi üzerine İstanbul'da uygulanmış bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, afet zamanında acil malzemelerin en kısa sürede, gerekli noktalara ve gerektiği kadarıyla dağıtılmasını ve koordinasyonu sağlaması amacıyla afet müdahale merkezleri kurulması amaçlanmıştır. Merkezlerde stoğu tutulan malzemeler afet olduğu takdirde kurulacak olan yerel dağıtım noktalarına gönderilecektir.

Problemin amacı, İstanbul mahallelerinde deprem sonrası ortaya çıkacak yardım malzemesi taleplerinin, yolların açık olma durumlarına göre ortaya çıkan her senaryoda belirli mesafe sınırı altında müdahale merkezlerinden talep noktalarına ulaştırılmasıdır. Problem çözümü için rassal programlama modeli önerilmiştir. Afet Koordinasyon Merkezi tarafından İstanbul için belirlenmiş olası afet müdahale merkezleri ile yerel dağıtım noktaları arasındaki ulaşım yolları ve bu yolların risk durumu göz önüne alınarak bir ağ modeli geliştirilmiştir. Ardından İstanbul karayollarındaki kritik kavşak yolları belirlenmiştir. Son olarak düğüm kümelerine talep puanları eklenmiştir. Problem çok fazla senaryo oluşması sebebiyle örnekleme metodu kullanan bir Tabu sezgisel yöntemi ile çözülmüştür.

Nihan Görmez [11], afet müdahale ve yardım merkezi konusuyla ilgilendiği tez çalışmasında, İstanbul'da müdahale merkez ve tesislerinin kurulması konusunu ele almıştır. Çalışmanın amacı kurulacak merkezlerin yer ve sayıları konusunda bir etkinlik değerlendirmesi yapmaktır. Aynı zamanda, depremden etkilenen kişilere olan ulaşım mesafesini ve yeni açılan merkez sayısını en aza indirecek bir matematiksel model geliştirilmiştir. Kurulacak tesis yerleri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi birimleri ve diğer kurumların afet faaliyetleri için bir koordinasyon merkezi olacak, afet öncesi depolama alanı olarak kullanılacak ve afet sonrası için de dağıtım sağlayacak, kurtarma ve afet faaliyetlerine katılan kişilere hizmet sağlayacaktır. Fakat afet olmayan zamanlarda tesislerin durumu hakkında belirsizlikler mevcuttur. Belediye'ye göre afet dışı zamanlarda tesisler itfaiye birimi gibi büyükşehir birimleri için faaliyet gösterecektir. Tesislerde; çadır, gıda-su, uyku tulumu, battaniye ve tıbbi malzeme stoğu tutulacaktır. Depo olarak kalıcı tesisler ve dağıtım amaçlı koordinasyon merkezi görevi üstlenecek geçici tesisler kurulması planlanmıştır. Tesisler mülteciler için de geçici barınak görevi görecektir bu sebepten malzeme akışı sürekli olacaktır. Tesisler için bir takım varsayımlar yapılmıştır bunlar, tesislerin kapasite sınırının olmaması, her birinin eşit hizmet sağlayabileceği, depremden etkilenmeyecekleridir. 4 ayrı deprem şiddetine göre senaryolar geliştirilmiştir. Model pek çok durum altında çözülmüştür. Bunlar: talep noktası olarak ilçeler mi mahalleler mi, talep noktalarında kapasite olmalı mı olmamalı mı, tedarikçi olmalı mı olmamalı mı, daha önceden Halkalı'da açılmış olan tesis açık mı

kalmalı kapalı mı, sınırlı sayıda geçici tesis mi sınırsız sayıda geçici tesis mi, talebin kısmi olarak mı karşılanması yoksa tamamının mı karşılanması, kesintisiz olarak herhangi bir yer mi yoksa potansiyel yerler mi ve senaryo A mı yoksa senaryo C mi gibi karşılaştırmalı karar verilecek konulardır. İlk olarak az sayıda tesisin yeterli olacağı görülmüştür bunun sebebi yeni tesis kurma maliyetlerinin yüksek olması aynı zamanda ilk birkaç tesisten sonra büyük bir fark elde edilmemesidir. İkinci olarak, tesis yerlerinin oldukça sağlam olduğu görülmüştür. Talep noktasının ilçe ya da mahalle olması çözümü etkilememiştir. Halkalındaki tesisin konumu uygun bulunmamıştır. Tedarikçi konumları önemli olması sebebiyle tesis yeri seçerken tedarikçi konumu göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir.

Fırat Kılıcı [12], afet sonrası çadır kent lokasyon seçimi için coğrafi bilgi sistemi ile entegre bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Çadır kent lokasyonlarını belirleyen kurum olan Kızılay'ın mevcut sisteminde iyileştirme yapılmıştır. Sistem aday lokasyonlar arasından en iyi olanı seçmekte ve etkilenen mahalleleri en yakın lokasyona atamaktadır.

Mehmet Tanyaş vd. [13], Rize iline yönelik bir afet yönetim modeli önermişlerdir. Afet lojistiğini, “acil durum ve afetlerden etkilenmiş afetzedelere yardım etmek üzere bilgi, insan ve kaynak lojistiğinin etkin ve verimli bir şekilde yönetimi” olarak tanımlamışlardır. Rize ili için olası afet durumları incelenmiş, dinamik risk ölçüm tabanlı çok aşamalı hiyerarşik bir afet lojistik modeli önerilmiştir.

Ersoy Kutluk [14], muhtemel İstanbul depremi için bir afet müdahale planı çalışması gerçekleştirmiştir. Mevcut uygulanan afet yönetim modelini geliştirmeyi hedeflemiştir. Can ve mal güvenliği sağlanırken kamu hizmetlerinin de aksamamasını sağlayacak bir model üzerinde çalışılmıştır. Mevcut afet yönetim anlayışı modeli çağdaş yönetim teknikleri ile sentezlenmiştir.

Mustafa Ağdaş vd. [15], afet lojistiği için dağıtım merkezlerinin yer seçimi üzerine çalışmışlardır. Lojistik planlamanın etkinliğinin artırılmasındaki temel unsurlardan birisinin de dağıtım merkezlerinin uygun yerleşimi olduğunu belirtmişlerdir. Dağıtım

merkezleri için yer seçimi problemini çok kriterli karar verme problemi olarak ele almışlardır. Problemden kullanılacak verilerin belirsizlik göstermesi ve olasılık dağılımlarıyla ifade edilmesi sebebiyle stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi metodu kullanılmıştır.

Halenur Şahin [16], konunun farklı bir noktasına değinmiş enkaz kaldırma problemini ele alarak malzeme ulaştırmadaki engellerden birine çözüm aramıştır. Afet yönetiminde karşılaşılan eksiklerin ve enkazın kaldırılmasındaki aksamaların afetzedelere barınma, beslenme, sağlık ve iletişim hizmetlerinin ulaşmasını zorlaştırmakta ve en önemlisi, can kayıplarına sebebiyet vermekte olduğunu belirtmiştir. Çalışmada sistematik şekilde enkaz kaldırma çalışması sayesinde afet bölgesine mümkün olan en kısa sürede ulaşım hedeflenmiştir. Kurulan matematiksel model ile enkazın kapattığı bölgeler göz önüne alınarak en kısa sürede ulaşım sağlayacak olan rota sezgisel tekniklerle bulunmaktadır.

Öykü Esra Yiğit [17], farklı afet tipleri için optimal depo seçimi ve malzeme miktarı belirlenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, olası bir afetten sonra, malzeme stoklarının tutulacağı depo lokasyonlarını ve bu depoların hangi afet bölgelerine hizmet vereceğini belirlemek için olasılıksal yaklaşımlar kullanılarak tamsayılı programlama modeli kurulmuştur.

Ayşe Sinem Konu [18], olası İstanbul depremi için insani yardım malzemelerinin önceden konumlandırılması üzerine çalışmıştır. Çalışmada beklenen İstanbul depreminin etkisi göz önüne alınarak afet merkezi önerileri belirlenmiştir. Geliştirilen modeller birbiriyle kıyaslanmış ve nihai model belirlenmiştir. Model, ulaşım ağı kırılabilirliği, depo kırılabilirliği, talep ve mesafe unsurlarının müşterek etkilerini de göz önünde bulundurmaktadır. Afet müdahale ve yardım merkezi sayısı, deprem modelleri, talep davranışı ve hedef fonksiyonu göz önünde bulundurularak duyarlılık analizi yapılmıştır.

Melda Bozkurt [19], doğal afet trendlerine bakarak insani yardım lojistiğinde ön konumlandırma stratejisi uygulamıştır. Ön konumlandırma sayesinde malzemeler

afet bölgelerine yakın olan bölgelerde stoklanmakta ve olası afet durumlarında malzeme ulaşım süresi düşmektedir.

Abraham Marti'n-Campillo vd. [20], afet senaryolarında fırsatçı ağlar yaklaşımı üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Cihazların düzensiz bağlantıya sahip olduğu senaryolarda veri yönlendirmenin bir problem olduğunu ve örnek bir afet senaryosunda, kurbanların tıbbi verileri gibi afet bölgesinde üretilen bilgilerin bir koordinasyon noktasına hızlı, doğru ve güvenilir şekilde ulaştırılmasının kritik olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada, gerçekçi afet senaryolarında, simülasyon aracılığıyla en önemli fırsatçı rotalama protokollerinin etkinliği karşılaştırılmış ve zıtlıkları belirlemiştir. Çalışmanın amacı, farklı özelliklere sahip gerçekçi afet senaryolarında bir dizi rotalama algoritmasının performansını karakterize etmek ve algoritmaların farklı senaryolara uygunluğunu araştırmaktır.

Sujoy Saha vd. [21], afet sonrası iletişim sağlanması konusunda ilgilenerek bunun için hibrit bir ağ yapısı tasarlamışlardır. Afet sonrası senaryolarında internet kullanılabilirliği hiç olmadığı kadar devre dışı bırakıldığı, kablosuz iletişim ve mobil telefonlar seçili alanlar hariç kullanılabilir olmadığı için afet sonrası iletişimsizlik problem yaşandığı bunun yanı sıra, kırık köprü veya kapalı yollar gibi coğrafi engeller, etkili iletişim için bir geçici ağ altyapısının geliştirilmesi için çalışan personelde endişeye sebep olduğu belirtilmiştir. Anılan zorluklarla mücadele etmek, kapsamlı modellemeye odaklanmak ve planlanan ağ mimarisi analizi için bir gecikme süresi farkındalıklı dört katmanlı planlanmış hibrit mimari önerilmiştir. Bu hibrit mimari sayesinde kurtarma ve yardım bilgileri toparlanmıştır. Vaka çalışması senaryoları yardımıyla detaylı değerlendirme için, ihtiyaçlara göre özelleştirilmiş bir fırsatçı ağ simülatörü kullanılmıştır. Buna ek olarak, ağ kaynakları kullanımında iyileşme ölçülmüş ve mimari modelleme ile performans elde edilmiştir.

Eiichi Taniguchi vd. [22], insani lojistik çalışmalarında acil durum hazırlıkları ve karar alma için bir kavramsal yol ağı belirlemiştir. Bu çalışma, acil durum yönetimi için farklı tekniklerin (ağ güvenilirliği, lojistik kavramları gibi) uygulanması üzerine bir tartışma sunmaktadır. Acil durum stres anında ve sonrasında

önceki ağların yol sürüşü bağlamında karar alma desteği için özel bir dikkat sağladığı belirtilmiştir. Acil durum karmaşasında organizasyonlar ve personel hızlı bir şekilde mahcup duruma düşebileceğini ve en nihayetinde alınan yanlış kararlar sebebiyle yaşam ve servet kayıpları oluşabileceğini vurgulamışlardır. Bu bağlamda, afetlere eğilimli yol ağlarını düzeltmek için hem destek ağı analizi hem de kaynak tahsisi için bir yöntem önerilmiştir. Teknik açıdan sağlam hazırlıklara yardımcı olmak ve acil durumlarda karar almak için bir Yol Ağı Acil Durum Yönetimi tasarlanmıştır. Vaka çalışması sonuçları, seçilen teknikler ve önerilen modelin acil durumu daha iyi yönetmek için kuruluşlara yardımcı olabileceğini göstermiştir fakat gerçek acil durumlarla başa çıkmak için tüm kaynak, personel ve hükümet yönetsel ihtiyaçlarının karşılanması sağlanamamıştır.

Francis C Udenta vd. [23], afetlerde birbirine bağlı ulaşım kanallarının verimini artırma üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma afet anında kent ulaşım sisteminin verimliliği için öncelikle karayolu sistemini kullanılan kullanıcıları ve öncelikle transit sistemini kullanan kullanıcıları göz önüne alarak farklı stratejiler sunulmaktadır. Çalışmada bir ulaşım problemi tanımlanmıştır. Problem formülize edilmiş ve tıkanıklık olan noktalar belirlenmiştir. Ayrıca kullanıcıların seçimlerini kolaylaştırmak için talep edilebilecek mevcut yollar için tavsiyeler verilmiştir. Desirability (arzu edilebilirlik) endeksi kullanımı kavramı bu amaç için sunulmuştur. Çalışma, bir felaket sırasında kaynak tahsisinin nereden yapılması gerektiği konusunda fikir vermektedir. Ayrıca tahliye hızını arttırmak için tahliye için en az fayda sağlayacak yolların belirlenmesini de sağlamışlardır.

Michael Huang vd. [24], afet yardım rotalama modelini eşitlik, verimlilik ve etkinlik açısından değerlendirmişlerdir. Çalışmada, yardım dağıtımının performans ölçümleri tanımlanmış ve formüle edilmiştir. Etkinlik (hızlı ve yeterli dağıtım ölçüsü karşılanmalıdır) ve eşitliğe (tüm alıcıların karşılaştırılabilir hizmet alabilmesi) odaklanılmıştır. Çalışmada araç yollarının yapısı ve kaynakların dağılımı verimlilik, etkinlik ve eşitliği nasıl etkilediği keşfedilmiştir. İnsani yardım için, elde edilen sorunların analitik özelliklerine ve bir dizi hesaplamalı testlere dayalı eğilimler ve yönlendirme ilkeleri belirlenmiştir. Çalışmada problemde, son mil gönderim

problemi olarak bahsedilmiştir. Bir malzeme türü göndermek için her aracın en fazla bir yolculuk gerçekleştireceği tek dönem problemi üzerinde odaklanılmıştır.

F. Sibel Salman ve Eda Yücel [25], rastgele ağ hasarı altında acil durum tesis yerlerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada rastgele başarısızlık anahtarı bağımlılığı tarafından ağ bağlantıları felaketinin mekânsal etkisi modellenmiştir. Her talep noktası için, her potansiyel tedarik noktasından bir dizi alternatif yollar oluşturulmuş böylece afet sonrası yardım malzemesi taşınması için en kısa yolun kullanılması hedeflenmiştir. Amaç, belirli bir mesafe içinde mümkün olan tüm ağ gerçekleştirmeleri üzerinde beklenen talebin kapsamını maksimize etmektir. Son derece çok sayıda olası sonuçlar sebebiyle oluşan hesaplama zorluğunun üstesinden gelmek için ağ senaryoları numunesi üzerinde aday çözümleri değerlendiren tabu arama sezgisel yöntemi önermişlerdir. Önerilen mesafeyi temsil eden senaryo üretme algoritması ve güvenlik açığı tabanlı arıza modeli çalışmanın ana katkıları arasında sayılabilir. İstanbul depremine hazırlık için bağlantısızlık hatası, bağımsız bağlantı hatası ve bağımlı bağlantı hatası durumlarının sonuçlarının detaylı şekilde analiziyle tabu arama algoritması uygulaması yapılmıştır. Çalışmada afet hazırlık stratejilerinin bir parçası olarak acil durum müdahale tesisleri konumlandırma sorunu incelenmiştir. Çalışmada maksimum talep hedefi ve önceden belirlenmiş mesafe parametresi ile tesislerin konumunu belirleyen bir stokastik tamsayı programlama modeli formüle edilmiştir.

Abbas Afshar ve Ali Haghani [26], gerçek zamanlı ve geniş çaplı afet yardım operasyonlarında entegre tedarik zinciri lojistik modeli üzerine çalışmışlardır. Araştırmanın amacı doğal afetlere tepki için entegre tedarik zinciri lojistik işlemlerini açıklayan kapsamlı bir model geliştirmektir. Büyük ölçekli afet müdahale operasyonlarının ayrıntılarını takip için bilgisayar tabanlı ve matematiksel modellenen bir sistem geliştirmeyi amaçlamışlardır ayrıca yaşam kaybı ve insanların acılarını minimize etmek için kısıtlı kaynakların optimal kullanımını hedeflemişlerdir. Çalışmada, farklı yardım malzemelerinin kaynaklardan alıcıların eline ulaşıncaya kadar devam eden Tedarik zinciri akışını kontrol eden matematiksel bir model önermişlerdir. Ağ yapısının, Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (Federal

Emergency Management Agency-FEMA) lojistik yapısı ile uyumlu olduğu belirtilmiştir. Önerilen model sadece araç rotalama ya da teslimat programlarını dikkate almamış ayrıca geçici tesislerin çeşitli katmanları için en uygun yer seçimiyle de ilgilenmiştir. Önerilen formülasyonu test etmek için sayısal deney setleri tasarlanmıştır ve optimizasyon probleminin özellikleri değerlendirilmiştir.

José Holguin-Veras vd. [27], afet sonrası insani lojistik modelleri için uygun amaç fonksiyonu üzerine çalışmışlardır. Çalışma, çok sayıda insan için en büyük iyiliğe yol açacak teslimat stratejilerini sağlayacak olan refah ekonomik ilkeler barındıran afet sonrası insani lojistik modelini savunmaktadır. Makalede yapılan analizlere göre, afet sonrası insani yardım modeli için tercih edilen amaç fonksiyonu olarak sosyal maliyetlerin (lojistik ve yoksunluk maliyetlerinin toplamı) kullanımı önerilmektedir. Yoksunluk maliyeti, bir mal veya hizmete erişim eksikliğiyle ilişkili olarak insan acısının ekonomik bir değerlemesi olarak tanımlanmaktadır. Literatürde önerilen vekillik yaklaşımlarının kullanımının karşılaştırmalı etkilerini göstermek için sayısal deneyler yürütülmüştür ve anahtar bulguların bir değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada, Afet sonrası insani lojistik analitik model amaç fonksiyonunu tanımlamak için uygun yollar araştırmak, yoksunluk maliyet fonksiyonlarının sahip olması gereken özelliklerini tanımlamak, yoksunluk maliyet tahmini ilgilendiren felsefi ve ekonomik yönlerini tartışmak ve bu yaklaşımları kullanarak etkilerini değerlendirmek hedeflenmiştir.

Armin Jabbarzadeh vd. [28], afetlerde kan temini için dinamik tedarik zinciri ağ tasarımı üzerine çalışmışlardır. Çalışmada afet sonrasında acil kan temini için sağlam bir ağ tasarım modeli önerilmektedir. Çoklu afet sonrası dönemler için, kan temininin sağlanacağı tesis yer seçimi ve tahsisi için karar vermede yardımcı olabilecek pratik bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Önerilen problemin uygulaması, potansiyel afetler esnasında acil kan temini için gerçek veriler kullanılarak tasarlanmış bir ağ yapısı içeren bir vaka çalışmasıdır. Önerilen “sağlam optimizasyon” yaklaşımının performansı da ‘beklenen değer’ yaklaşımı ile karşılaştırılmıştır. Önerilen model kan bağışçıları, kan tesisleri ve kan merkezlerini içermiş ve kan tesislerinin (daimi ve geçici tesisler) sayısını ve konumunu, kan tesislerinin hizmet alanlarını, her tesiste

gerekli kanı toplama, her dönem sonunda kan ve stok seviyelerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Bunu yaparken toplam maliyetleri (kan tesisleri, ulaştırma ve stoklama maliyetlerinin bütünü) minimuma indirerek ağın sağlamlığını (afet sırasında ve sonrasında arz ve talep dengesini koruyabilecek) korumayı hedeflemişlerdir.

Devendra K. Yadav ve Akhilesh Barve [29], insani yardım tedarik zinciri kritik başarı faktörlerinin analizi üzerine çalışmışlardır. Bu araştırmada afete hazırlık ve acil müdahale aşamasında ortaya çıkan insani yardım tedarik zincirinin kritik başarı faktörlerini ele almışlardır. Literatür taraması ve uzmanlarla görüşmeler sayesinde hassas insani yardım tedarik zincirindeki 12 kritik başarı faktörü tespit edilmiştir. Yazarlar seçilen kritik başarı faktörleri arasındaki bağımlılığı yorumlamak için Yorumlayıcı Yapısal Modelleme Yaklaşımını kullanmıştır. Ayrıca çapraz-etki matris çarpımı uygulanmış sınıflandırma analizi de seçilen faktörler arasındaki göreceli sürüş ve bağımlılık gücünü göstermek için kullanılmıştır. Makalede, hükümet politikaları ve örgütsel yapının en yüksek sürüş gücüne ve minimum bağımlılık gücüne sahip olan en hâkim faktör olduğu savunulmuştur. Bu araştırma sonucunda insani yardım tedarik zinciri uygulamaları sunulmuş ayrıca hem araştırmacı hem de yönetsel bakış açısıyla tartışma özetlenmiştir.

José Holguin-Veras vd. [30], afet sonrası insani yardım lojistiğinin nadir özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada lojistik faaliyetlerin sosyo-teknik bir süreç olarak düşünülebileceği belirtilmiştir. Bütün sistemin etkileşimini anlamak için sistemin tüm bileşenlerinin göz önünde bulundurulması gerekli olduğu belirtilmiştir. Bunun için 7 anahtar bileşen tanımlanmışlardır. Bunlar, hedeflerin takip edilmesi, malzeme akışının kaynağının taşınması, talep bilgisi, karar verme yapısı, dönemsellik ve lojistik faaliyetlerin hacmi, sosyal ağların durumu ve destek sistemleri olarak belirlenmiştir. Çalışmadaki ticari ve insani lojistik arasındaki farklılıklar analizine dayanarak, araştırma boşluklarını belirlemişlerdir. Bunların, hem insani lojistiğinin etkinliğiyle hem de destek için tasarlanmış matematiksel modelin gerçekçiliğiyle doldurulması gerektiği vurgulanmıştır.

Junfei Chen vd. [31], beklenmedik acil su afetleri için acil durum uzmanlarının birlikteliği üzerine modelleme ve simülasyon çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, toplumun daha önceden hiç yaşamamış olduğu ya da nadir olarak görmüş oldukları ve tecrübe sahibi olunmadıkları beklenmedik acil su afetleri konusu irdelenmiştir. Farklı türden acil durum uzmanlarının dâhil olduğu adaptif kompleks bir sistem tasarlamışlardır. Beklenmedik acil su afetleri uzman sistemleri için birlikte dönüşüm mekanizması üzerinde çalışılmıştır. Gelişmiş lojistik modeline dayalı bir dinamik model ve birlikte dönüşüm teorisi önerilmiştir. Asıl acil durum kapasitesi, acil durum yeteneği büyüme oranı, maksimum acil durum yeteneği, acil durum uzmanlarının miktarı ve rekabet ve iş gücü katsayılarını içeren acil durum yeteneğinin etki uzmanları simüle edilmiş ve analiz edilmiştir. Sonuçlar acil durum yeteneğinin, stabil durum altında asıl acil durum kapasitesi ve acil durum yeteneği büyüme oranı ile ilgisi olmadığını göstermiştir. Ancak maksimum acil durum yeteneği ve acil durum uzmanların miktarı acil durum yeteneğini etkilemediği görülmüştür. Uzmanlar arasındaki rekabet ve işbirliği derecesi, beklenmedik acil su afetleri uzmanların stabil birlikteliği durumunu etkileyen önemli bir etken olduğu belirtilmiştir.

Ebru Caymaz vd. [32], etkin afet yönetimi için bir model önerisinde bulunmuşlardır. Afet kriz yönetimi bağlamında sadece müdahale ve kurtarma aşamalarına odaklanarak, afet risk yönetimini de sağlamak için zarar azaltma ve afet hazırlık aşamalarına yeterli önem verilmemesi sebebiyle Türkiye’de farklı sorunlar ortaya çıktığını vurgulamışlardır. Çalışmanın amacı Birleşmiş Milletler Afet Risk Azaltma standartlarına uygun stratejik düzeyde bir afet yönetim modeliyle bireysel ve ulusal kayıpların önüne geçmektir. Söylemler ve döküman analizi teknikleriyle yönetimin tekrar eden problemlerine değinilmiştir. Geçerli olan sistemin eksiklikleri belirlenmiş ve ayrıntılı görüşmeler sonucu etkin bir model önerisi sunulmuştur.

Joost Van Rossum ve René Krukkert [33], etkili yardım faaliyetleri için lojistik koordinasyon ve işbirliği üzerine çalışmışlardır. Çalışma Endonezya afetleri için hazırlanmıştır. Afetlerden birçok defa etkilenen bölgedeki afet çalışmaları yetersiz görülmüştür. Çalışma Endonezya afet yardım operasyonlarının temel problemlerine

odaklanmakta ve yeni bir model geliştirilmektedir. Literatür çalışmaları esas problemin organizasyon, iletişim ve lojistik süreçlerde olduğunu göstermiştir.

Michael Huang vd. [34], afet yardımlarında değerlendirme ölçütleriyle ilgili yazdıkları makalede, hasarları belirlemek için bir afeti takiben hasarı ve gerekli yardım ihtiyaçlarını belirlemek için ekipleri farklı topluluklara yönlendiren bir değerlendirme rotalama problemi üzerinde odaklanmışlardır. Bu çalışmada, afet bölgesindeki ekipleri rotalayan Değerleme Rotalama Problemi (Assessment Routing Problem / ARP) incelenmiştir. DRP'nin amacı, zaman hassasiyetli kurtarma çalışmalarının topluluklara varış sürelerini minimize etmektir. Zaman duyarlılığını ele almak için, rotalama problemi yardım sağlanacak kişilere yardımın varış süresini en aza indirecek şekilde modellenmiştir. Önerdikleri yaklaşım, maliyet tahminleri ve rotalama politikalarını geliştirmek için toplu örnek verilerini kullanır. Belirledikleri politikanın gerçekleştiğinde uygulanma maliyetlerinin tahmininde maliyet yaklaşımlarının etkinliğini göstermek ve daha karmaşık çözüm yaklaşımlarıyla kendi politikalarını karşılaştırmak için sayısal testler uygulamışlardır. Çalışmada Tabu sezgisel arama tekniklerinden yararlanılmıştır ve afet yardımında, değerlendirme rotalama problemine ve sürekli tahmin yaklaşımı kullanımına giriş yapmışlardır. Önerdikleri sürekli tahmin yaklaşımı, kolay bir şekilde uygulanabilen çözümler sunmaktadır ayrıca problemi çözmek için daha detaylı veriler ve bilgisayarlı hesaplamalara duyulan gereksinimi azaltmıştır.

Yen-Hung Lin vd. [35], yazdıkları makalede afet sonrasında kritik öğelerin acil temini için bir lojistik modeli önermişlerdir. Model, çoklu öğeleri, çoklu araçları, çoklu dönemleri, hassas zaman pencerelerini, bölünmüş bir dağıtım stratejisi senaryosunu göz önünde bulundurur ve çoklu objektif tamsayı programlama modeli olarak formüle edilmiştir. Modeli etkin bir şekilde çözmek için birinci yaklaşım genetik algoritma tabanlıyken, ikinci yaklaşım orijinal problemi ayrıştırarak geliştirilmiştir. Bir hesaplama çalışması ile iki yöntem karşılaştırılmıştır. Ağırlıklı toplam yöntemiyle çok amaçlı problem tek amaçlı hale dönüştürülmüştür. Genetik Algoritma tabanlı yaklaşım, olanaklı durumları etkin bir şekilde çözmüş ve iyi çözümler sağlayabilmiştir. Öte yandan, Ayrıştırma ve Atama Sezgisel Algoritması

(Decomposition and Assignment Heuristic- DAH) yaklaşımı kısa hesaplama süreleriyle çözümler sunarken, Genetik Algoritma tabanlı yaklaşıma göre çözüm kalitesinde yüzde 4,3 azalma hakkında sahip olduğu belirtilmiştir. Önerdikleri modelin potansiyel uygulanabilirliğini göstermek için bir örnek olay sunmuşlardır. Genel olarak, geliştirilen model her zaman diliminde araçların sınırlı teslimat kapasitesi ve sınırlı çalışma süresi kısıtları altında, reçeteli ilaç talebinin yüzde 90,1, su ihtiyacının yüzde 70 ve gıda talebinin yüzde 16,4 şeklinde tatmin edici kapasiteye sahiptir.

Eren Erman Özgüven vd. [36], afetler için etkili ve güvenilir bir envanter yönetim sistemini inceledikleri makalelerinde, etkili bir insani envanter kontrol modeli ve acil lojistik sisteminin barınaklarda bulunan mağdurlara hayati malzeme akışının güvenilir olarak sürdürülmesinde ve oluşabilecek öngörülmemiş olayların etkilerinin en aza indirilmesinde önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Bu sistemin sadece acil malzemelerin verimli kullanımını ve dağıtımını sağlamasını, aynı zamanda malzeme takibi ve lojistik için Radyo Frekanslı Tanımlama Cihazları (Radio Frequency Identification Devices / RFIDs) gibi acil durum zeki taşıma sistemleri teknolojileri (Intelligent Transportation Systems / ITS) ile entegre edilebilme yeteneği sunmalı olduğunu söylemişlerdir. Çalışma, acil yardım malzemelerinin ve çoklu malzeme stokastik insani envanter yönetimi modeli ile entegre olmuş RFID teknolojisinin kullanımı aracılığıyla taleplerin gerçek zamanlı takibine dayalı bir insani acil durum yönetimi yapısının geliştirilmesi için kapsamlı bir metodoloji önermektedir. Lojistik ve acil afet yardım çerçevesi bağlamında RFID teknolojilerinin yönetim yönleri tartışılmış, çoklu malzeme stokastik insani envanter yönetimi modeli sunulan minimum maliyette olası aksaklıkları önlemek, en uygun acil stok seviyelerini belirlemek için önerilmiştir. Modelin çözümünde pLEPs (p-level efficient points) algoritması kullanılmıştır. Önerilen yapının en önemli özelliği off-line ve on-line modellerin parametrelerinin uyarlanmasıyla ve on-line modelleri adapte ederek her türlü felaket senaryosuna uygulanabilir olmasıdır.

Guojun Ji vd. [37], afetlerden etkilenen alanların afet sonrasında zamanında ve doğru şekilde acil yardım hizmeti alabilmelerinin, etkilenen bölgelerdeki yardım taleplerine

etkili ve çok hızlı cevap verebilen acil lojistik hizmetine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Makalede, afetlerin riski ve acil durum yardım karar verme mekanizması analiz edilmiş ardından; altyapı desteği, birleştirilmiş komuta ve ağ koordinasyonu, kanun garantisi, acil durum planı ve acil ulaşım kanalı da dâhil olmak üzere acil lojistik destek mekanizması incelenmiştir. Değerlendirme göstergeleri kurtarılabılır eşya derece kavramı yoluyla belirtilmiş, etkilenen bölgelerdeki kurtarılabilecek eşyalar analiz edilmiş, tespit edilmiş etkilenen alanlara acil yardım dağıtımını yapmak için iki nesnel optimizasyon modeli geliştirilmiştir ve sayısal bir örnekle sonuçlar verilmiştir. Çalışmada uzman sistemler ve bulanık istatistiksel modeller kullanılmıştır. Çalışma sonunda acil lojistik ağının nasıl koordine edileceği, çok üyeli ağ koordinatlarının nasıl yapılacağı ve yasal garanti mekanizmasının modele yansıtılamadığı için değişkenlerin tam anlamıyla yansıtılamaması gibi bir takım sorular ortaya çıkmıştır.

Turan ERDEN vd. [38], yazdıkları makalede “Acil Durum Servislerinin Yer Seçimi” konusunu incelemişlerdir. Projede çalışma bölgesi olarak İstanbul ilinde Avrupa ve Anadolu yakasının her iki kesiminde nüfusun yoğun olduğu yerlerle 2002 tarihli JICA (Japan International Cooperation Agency) verisinin üretiminde temel alınan 3030 sayılı Büyükşehir Belediyeleri Kanunu’nun kapsadığı belediye sınırı temel alınmıştır. Araştırmada itfaiye istasyonlarının yeni yerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmış yer belirlemek için Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılmış ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında en uygun yerler belirlenmiştir. Belirlenen yerlerin uygunluğu adına duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir.

Rachida Abounacer vd. [39], afet yanıtında çok amaçlı konum-ulaşım problemlerini ele almışlardır. Yazdıkları makalede üç amaçlı konum-ulaşım problemini incelemişlerdir. Konum problemlerinin insani yardım malzemesi dağıtım merkezlerinin sayısını, yerini, misyonunu belirlemeyi hedeflediğini ve yardım malzemelerinin dağıtım merkezlerinden hedef noktalara ulaşımı ile ilgilendiğini belirtmişlerdir. Problemin çözümünde 3 hedef gözetilmektedir. Bunların ilki talep noktalarına yardım ulaşım süresinin minimum olması, ikincisi seçilen dağıtım merkezlerini açmak ve yönetmek için gerekli olan temsilci sayısının minimum

olması üçüncüsü ise etkilenen alanlardaki tüm talep miktarlarından karşılanmamış olanları minimize etmektir. Bu problemin çözümü için epsilon kısıtlama yöntemi olarak Pareto kullanılmıştır. Önerilen bu algoritma, en az iki tamsayı ve çelişkili hedefleri içermeye şartıyla herhangi üç objektif optimizasyon problemine uygulanabilmektedir.

Mulyono N. B., Ishida Y. [40], yazdıkları makale ile envanter bölgelerinin kümelenmesi ile afet yardımında performansı arttırmayı hedeflemişlerdir. Afet yardımı sırasında yardım taleplerinin karşılanmasındaki en önemli etkenlerin lojistik ve envanter olduğunu belirtmişlerdir. Barınaklarda afetlerin öncesinde hazırlanmış olan envanter miktarının sadece kısa bir süre için yeterli olduğu ve barınaklardaki envanter seviyesinin farklılıkları sebebiyle kaos ortamları oluşabilmektedir. Yardım malzemesi depo alanları arasındaki stok hareketleri için bir yanal aktarma operasyonu geliştirilmiştir. Depo barınak bölgeleri arasında bir ara bağlantı yapısı geliştirilir. Bu yapı sayesinde her bir lojistik bölge kendi tedarikini sağlayabilecek ve komşu bölgelere stok malzeme gönderebilecek şekilde bir ağ yapısı oluşturulur. Çalışmalarında kümeleme yolu vasıtasıyla yanal aktarma operasyonu faaliyetlerini geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Kümeleme analizi stable roommate problemi algoritmasını temel almaktadır. Çalışmanın sonuçları incelendiği zaman kümeleme analizinin lojistik ve envanter yardım performansını daha iyi arttırdığını göstermiştir.

Holguín-Veras J. vd. [41], 12 Ocak 2010'da Haiti'de meydana gelen Port-au-Prince depremine yanıt olarak 3 farklı afet sonrası insani lojistik yardım yapılarını karşılaştırmışlardır. Yazarlar tarafından yapılan alan çalışmalarına dayanarak bu yapıların yardım sunma açısından karşılaştırmalı performansları değerlendirilir ve aradaki farklılıkların nedenleri açıklanır. Karşılaştırılan bu üç yapı Agency Centric Efforts (ACEs) Ajans Merkezli Çalışmalar, Partially Integrated Efforts (PIEs) Kısmi Bütünleşik Çalışmalar, ve Collaborative Aid Networks (CANs) İşbirlikçi Yardım Ağları'dır. Bu yapılar afet çalışmaları boyunca yerel sosyal ağlarla entegrasyonları bakımından birbirlerinden farklıdırlar. Her bir yapı, güçlü ve zayıf yönlerini görmek ve yapıların genel uygulama sonuçlarına ulaşmak için temsili örnekler ile analiz edilmiştir. Çalışmada çeşitli büyüklükteki afetlere yanıt verilmesinde gelecek yardım

dağıtım çabalarının etkinliğini maksimize etmek için politika önerileri yapılmıştır. Bu makalede yapılan araştırma, afetten etkilenen bölgede yerel sosyal ağlar ile yardım çalışmalarının entegrasyonunun ve felaket sonrası malzeme dağıtımlarında büyük zorluk çekileceğinin önemini teyit etmektedir.

Sha-lei Zhan vd. [42], bilgi güncellemeleri yoluyla afet lojistiğinin verimlilik ve hakkaniyetinin koordinasyonunu ele almışlardır. Çalışmalarında, çok tedarikçili, çok etkilenen alanlı, çok destekli ve çok araçlı bir yardım dağıtım problemini ele almışlardır. Bilgi güncellemelerine dayanan çok amaçlı bir optimizasyon modeli önerilmiştir. Model, araç rotalama ve yardım dağıtımını gibi konularda zamanında ve uygun karar alarak verimlilik ve adaletli dağıtımın koordinesi için önerilmiştir. Ayrıca felakete yanıt vermeden önce optimum gecikme periyodunu belirlemek için bir optimal durdurma kuralı önerilmiştir çünkü karar vermek kesin afet bilgisi gerektirmektedir. İstatistiksel karar verme ve Bayes sıralı analizleri kullanılarak yardım dağıtımını için yeni bir teknik geliştirilmiştir. Hesaplamalar sonucunda faydalı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin yüksek doğruluk altında en iyi çözümler kısa sürede elde edilmektedir bu da acil durumlar için hızlı karar verebilmek için önemlidir. Önerdikleri model afet senaryolarının değişikliğine karşı esnek olarak cevap verebilmektedir.

Monika Blistanova vd. [43], sel kriz yönetiminde lojistik modelleme için veri hazırlama çalışması yapmışlardır. Çalışmanın amacı coğrafi bilgi sistemlerinde sel kriz yönetimi lojistik modellemesi için giriş verilerinin hazırlanması ve doğrulanmasının önemini vurgulamaktır. Uygun veri kriz yönetimi organizasyonlarında oldukça önemlidir. Coğrafi bilgi sistemleri ile geniş bir veri yelpazesi sunulur ve karar verme sürecinde bunlardan yararlanır. Kriz yönetim sistemlerinin etkinliği için kapsamlı ve yüksek kalitede veriye ihtiyacı olduğunu belirtmişlerdir. Yöneticilerin insanlara ya da bölgelere sunacakları kaynaklar için öncelik sırası gözetmesini, afet tedarik zinciri yönetimini dikkate almalarını ve tam zamanında ellerinde çok bilginin olması gerektiğini böylece etkin bir afet tedarik zinciri yönetiminin sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Orhan Gözüaydın ve Tuncay Can [44], deprem yardım istasyonu seçimi konusunda yazdıkları makalede, yer seçimi için problemi P-Median ve Maksimum Kapsama Alanı problemine uygun olarak modellenmiştir. Model faktörleri ağırlıklandırılırken ildeki nüfus miktarı, ildeki yapıların sayısı, ilin depreme duyarlılığı gibi konuları belirlemişlerdir. Problem çözülürken deprem istasyonlarının belirlenmesi için farklı coğrafi bölgeler belirlenmiştir. P-Median olarak modellenen senaryolarda özellikle aday noktaların ağırlıklarının belirlenmesinde dikkatli olunarak amaç fonksiyonu değerindeki artışların kontrolünün sağlanabileceği düşünülmektedir. Maksimum Kapsama Alanı problemine uygun olarak modellenen senaryolarda aday noktaların iklim, lojistik ve gelişmişlik değerlerini sağlamaya yönelik koyulan kısıtların özellikle düşük kapsama mesafeler için yüzde 100'lük tam kapsamaya ulaşmayı engellediği görülmektedir. Bu nedenle kapsama mesafesini yüksek tutacak önlemlerin ve ağırlıkların belirlenmesi önemli olacağı belirtilmiştir.

Michael Schweinberger vd. [45], 11 Eylül 2001'de New York Dünya Ticaret Merkezi'ne yapılan saldırı sonrası afet tepkisine İstatistiksel Ağ Analizi objektifinden bakmışlardır. Gerçekleşen saldırı sonrası yüzlerce organizasyon arasında işbirliği çalışması gerekmiştir. Makalede saldırı sonrası kurumlar arası ağ yapılanması çalışılmıştır. Kurumlar arası ağ çalışmasının bazı durumlara ışık tutabileceğini belirtmişlerdir. Bunlar; bazı kuruluşların kurumlar arası ağ yapısına hakim olmasıyla afet müdahalesinin iletişim ve koordinasyonunu kolaylaştırması, hakim kuruluşların afet müdahalesini koordine etmesi gerektiği ya da afet sonrası koordinasyonu sağlamalı oldukları ve ilk afeti izleyen dönemde ağ yedekleme derecesi ve kurumlar arası ağ duyarlılığı bozukluklarıdır. Çalışmada Bayes çerçevesine giriş yapmışlardır. Çerçeve ortak değişkenleri hesaba katarken örgütlerin değişen eğilimlerde işbirliği içinde olmalarını sağlar.

Sascha Wohlgemuth vd. [46], afet yardımında dinamik araç rotalama yaklaşımını incelemişlerdir. Makalede nakliye şirketlerinin afetlerde kamyon dolusundan daha az miktarda yük taşımaları için bir rotalama ve çizelgeleme problemi uygulaması dikkate alınmıştır. Yaklaşım çeşitli seyahat süreleri tahmininin dinamik optimizasyonun faydalarını değerlendirir. Amaç gecikmeleri önlemek ve ekipman

kullanımını arttırmaktır. Bunun için çalışmada değişken talep ve taşıma koşulları altında faaliyet yapabilen çok aşamalı karışık tamsayılı problem modellenmiştir.

Bülent Çatay vd. [47], İstanbul'daki acil yardım istasyonlarının yerlerinin planlanması üzerine bir makale yazmışlardır. Çalışmada İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı'na bağlı Hızır Acil Yardım istasyonlarının yerleşim planlamasını incelemişlerdir. Çalışmada Yöneylem Araştırması tekniklerinden Küme Kapsama ve En Büyük Kapsama modellerine dayanan Yedek Çift Kapsama modeli kullanılmıştır. Kısa dönemde hızlı sonuca ulaşmak için üç farklı sezgisel yöntem kullanılmıştır. Bunlar; Miyop Sezgisel Yöntem, Kombinasyonlu Sezgisel Yöntem ve Doğrusal Gevşetme Temelli Sezgisel Yöntem'dir. Yöntemler kıyaslandığı zaman Doğrusal Gevşetme Temelli Sezgisel yöntem daha iyi sonuç verirken Miyop Sezgisel Yöntem daha hızlı çalışmaktadır.

Emel Aktaş vd. [48], İstanbul'daki itfaiye istasyonu yer seçimi için yeni bir model önermişlerdir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin belirlediği kısıtlara göre istasyonların olay mahalline en fazla 5 dakika mesafede olması ve yüzde 100 kapsama alanı ile olaya müdahale edebilmelidirler. Çalışmada coğrafi bilgi sistemleri ve küme kapsama modelleri bütünleştirilmiştir. Çalışma kapsamında 70 adet yeni istasyon açılması planlanmıştır. Toplamda 133 adet olacak istasyonla birlikte İstanbul kapsamındaki 822 adet mahalleye hizmet sağlanabilecektir. Mevcut durumda istasyonlar mahallelerin yaklaşık yüzde 59'una hitap edebiliyorken açılan yeni istasyonlar ile oluşturulan bütünleşik model sayesinde kapsama alanının yüzde 100'e çıkacağı öngörülmüştür.

Gürbüz Ünal [49], hazırladığı doktora çalışmasında Acil Lojistik Yardım Operasyonu Deprem Lojistiği Karar Destek Sistemi (ALYO-DLKDS) tasarımı gerçekleştirmiştir. Çalışma, afetten bir dakika sonrasında başlayarak devamındaki üç yılı kapsayacak lojistik faaliyetlerini planlamak adına yapılmıştır. Tasarladığı Deprem Lojistik Karar Destek Sistemi (DLKDS); veri yönetimi, model yönetimi ve diyalog yönetimi bileşenlerinden oluşmaktadır. Sistemi Excel tabanlı geliştirmiş ve çalışmasında doğrusal programlama, tamsayılı programlama, AHP (Analitik

Hiyerarşi Prosesi) ve Floyd Algoritması kullanılmıştır. Tesis yeri seçimi için kurulan model LINGO aracılığıyla çözülmüştür.

2.2. Afet Kavramı

Afet, toplumun tamamının veya belli kesimlerinin normal hayat ve faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan ve acil müdahaleyi gerektiren olayları ve bu olayların oluşturduğu kriz halini ifade eder [2].

Afet, bir toplum ya da topluluğun işleyişini ciddi anlamda bozan ve toplumun ya da topluluğun öz kaynaklarını kullanarak başa çıkamayacağı insan, madde ve ekonomik ya da çevresel kayıplara sebep olan ani, vahim olaydır. Genellikle doğa neden olsa da afetler insan kaynaklı olabilir [50].

İnsanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen ve etkilenen topluluğun kendi imkân ve kaynaklarını kullanarak üstesinden gelemeyeceği doğal, teknolojik ve insan kaynaklı olayların sonuçlarına afet denilmektedir. Afetin büyüklüğü genel olarak, olayın neden olduğu can kayıpları, yaralanmalar, yapısal hasarlar, sosyal, ekonomik ve çevresel kayıpların büyüklükleri ile değerlendirilmektedir [51].

Afetler, can ve mal kayıplarına sebep olmanın yanı sıra eğitim, sağlık, alt yapı, ulaşım ve barınma gibi hayati önem taşıyan noktalarda yaşamın devamını zora sokmakta, verdiği ekonomik zarar sonucu bireylerin yaşam kalitesini düşürmekte ve tüm bu olayların sonucu olarak kişilerde ağır psikolojik sorunlar bırakabilmektedir [52].

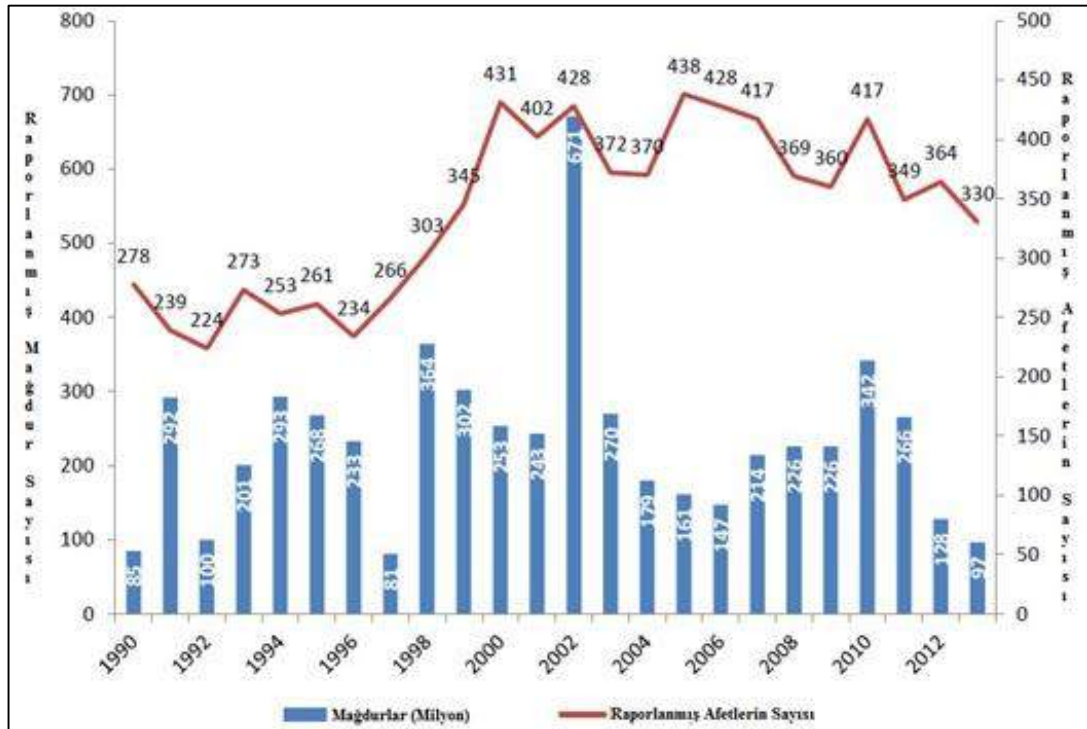
Afetler; doğa ve insan kaynaklı afet olarak ikiye ayrılmaktadır [53].

Doğa Kaynaklı Afetler: Oluşumları tabiat olaylarına dayanan afetlerdir. Doğa kaynaklı afetlerde kendi içinde;

- Ani gelişen doğa kaynaklı afetler (Deprem, Sel, Toprak kayması (Heyelan), Kaya düşmesi, Çığ, Fırtına, Hortum, Volkan, Yangın vb.),
- Yavaş gelişen doğa kaynaklı afetler (Erozyon ve Çölleşme, Kuraklık, Küresel ısınma ve iklim değişikliği, Kıtılık, Açlık, Şiddetli soğuklar, vb.), olarak sınıflandırılır.

İnsan Kaynaklı Afetler: Doğanın kendi gücü dolayısıyla değil de insanın doğaya olan etkileşiminin aşırılışması sonucunda oluşan afetlerdir. Eğitimsizlik, bilgisizlik, dikkatsizlik, yeterli önlemlerin alınmaması gibi sebeplerden ötürü ortaya çıkarlar. İnsan kaynaklı afetler;

- Nükleer, biyolojik, kimyasal kazalar,
- Bilişim teknolojileri/Bilişim saldırıları,
- Taşımacılık kazaları,
- Endüstriyel kazalar,
- Aşırı kalabalıktan meydana gelen kazalar,
- Göçmenler ve yerlerinden edilenler, şeklinde sınıflandırılmaktadır.



Şekil 2.1. 1990-2013 yılları arasında Dünya'da oluşan afet ve mağdur sayılarının eğilim grafiği [54]

2.3. Türkiye'nin Afetler Yönünden Değerlendirmesi

Ülkemizde meydana gelen afet zararlarının yüzde 55'i deprem, yüzde 21'i heyelan, yüzde 8'i su baskını, yüzde 7'si kaya düşmesi ve yüzde 2'si ise çığ kaynaklıdır. Tüm afet olaylarından yaklaşık 284.996 afetzede etkilenmiştir. Ülkemizdeki yerleşim birimlerinin yüzde 43,75'i en az bir afet olayına maruz kalmış ya da kalmaktadır. Kocaeli, Erzurum, Bingöl, Sakarya, Düzce, Van, Yalova, Muş, Adana ve Diyarbakır afetlerden en çok etkilenen illerdir. Gerek illerin gerekse ilçelerin, afetzede bazında afet olaylarından etkilenme derecelerine bakıldığı zaman dağılımın depremler tarafından belirlendiği anlaşılmaktadır [55]. Afetlerde ortalama olarak her yıl 1.000 kişi yaşamını yitirmekte ve 9000 konut hasar görmektedir. Veriler değerlendirildiğinde doğal afetlerin ülkemiz ekonomisine verdiği büyük zarar sebebiyle kalkınma problemleri baş göstermektedir. Sanayi ve yaşam alanlarının yerleşiminde afetlerin etkileme alanları dikkate alınmalıdır [56, 57].

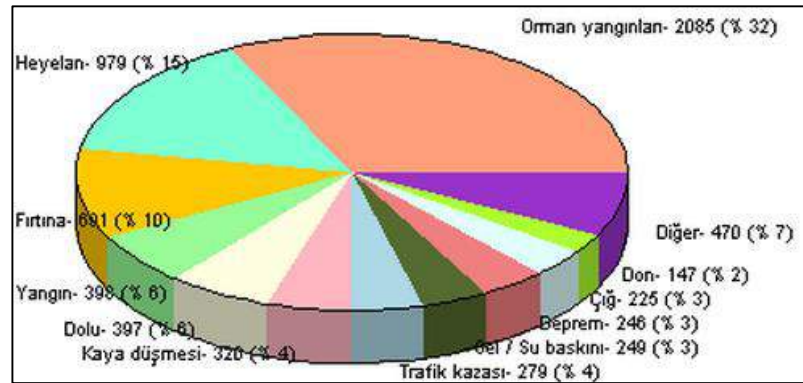
AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) oluşturduğu veri tabanı TUA A'da (Türkiye Ulusal Afet Arşivi) 1894 yılından itibaren oluşmuş afet verilerini saklamaktadır. Arşiv verilerine göre en fazla kayıplar depremler, trafik ve maden kazaları sebebiyle oluşmaktadır.

Tablo 2.1. TUA A afet verileri (1984-2014) [24-58]

Afet Türü	Ölü Sayısı	Yaralılar	Yıkılan Bina Sayısı	Hasarlı Bina Sayısı	Etkilenen Sayısı	Toplam Maliyet (TL)
Asit Yağmurları	0	1	0	1	0	0
Aşırı Soğuklar	0	0	0	0	0	0
Boğulma	46	1	0	3	0	0
Çamur Akıntıları	74	0	0	138	0	0
Çığ	209	74	131	1147	19760	0
Çökme/Göçük	1	38	0	0	0	0
Deniz Kazası	245	8	0	0	408	70000000
Deprem	94081	78805	61783	1230509	15927431	13000601255176
Diğer	357	222	7	2593	91	499934477881
Dolu	1	0	0	4	1280	0
Don	2	0	0	0	6559	0
Endüstriyel Kazalar	0	3	0	0	0	0
Fırtına	2	0	0	21	0	0
Hava Kirliliği	1	0	0	0	0	0

Tablo 2.1. (Devamı)

Heyelan	310	14	3035	19086	112551	0
Hortum	0	0	0	0	0	0
Jeomedikal	0	0	0	415	0	0
Kar	0	0	0	0	1048	0
Kaya Düşmesi	28	9	41	5777	34495	0
Kıtlık	1	6	0	0	0	0
Kuraklık	2	1	0	0	4074	0
Maden Kazaları	1036	405	0	0	4	0
Mahsur Kalma	0	4	0	0	23	0
Nükleer Kazalar	0	32	0	0	0	0
Orman Yangınları	20	0	78	8	0	69771339134074
Patlama	3	18	0	0	6	0
Sel/Su Baskınları	394	42	180	28235	108235	21000058000000
Sis	0	0	0	0	0	0
Şiddetli Yağış	13	3	10	2588	173	127644000
Trafik Kazası	1376	3346	0	0	1019	712500
Tren Kazası	374	1117	0	0	700	0
Uçak Kazası	724	57	0	0	0	0
Yangın	122	79	532	4230	424	1000000000000
Yıldırım	1	0	1	0		0
Zehirlenme	14	16	0	0	65	0

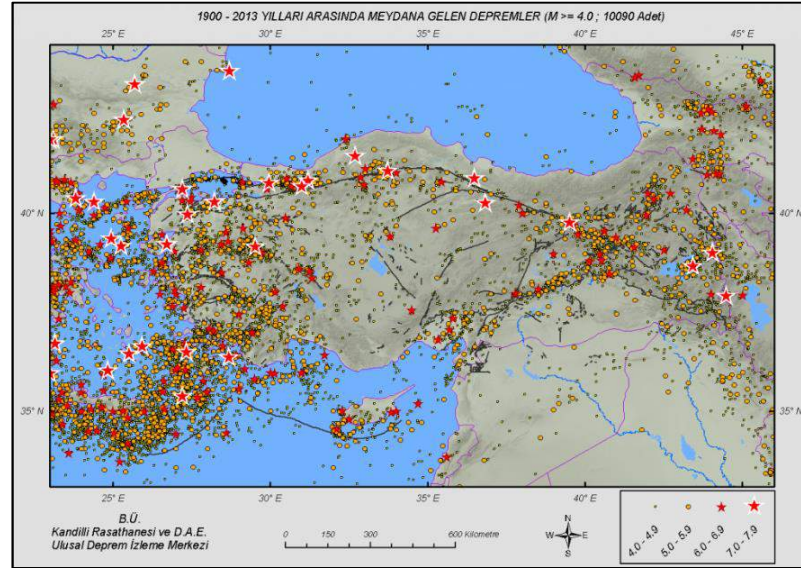


Şekil 2.2. Türkiye afet dağılımları grafiği(1894-2014) [58]

2.3.1. Depremler

Türkiye depremlerdeki ölümcüllük açısından en önemli ülkelerden biridir. Türkiye deprem riskini azaltmak için 2005 yılında Dünya Bankasına başvurmuş ve projeyi 2014'de bitirmek üzere 400 milyon Amerikan doları yardım almıştır. İstanbul'da depreme karşı 725'ten fazla kamu binasını güçlendirilmiş, 21 kamu binası yeniden yapılmış, 450000 kişiye afete hazırlık konusunda eğitim verilmiştir. Bu sayı medya

aracılığı ile 5 milyon insana ulaşmıştır. İstanbul'da 1999 yılı depremlerinden sonra geçen 14 yılda 1 milyar dolar para harcanmıştır [59].



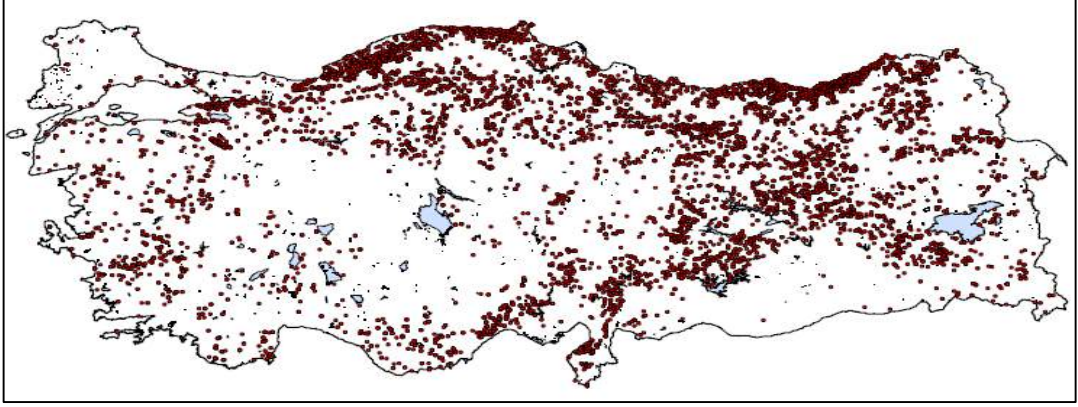
Şekil 2.3. 1900 – 2013 yılları arası, Türkiye ve çevresi sismik aktivite [60]

Türkiye, en aktif fay zonları içinde yer alması sebebiyle büyük ve yıkıcı depremler açısından oldukça yüksek riske sahiptir. Eldeki veriler ve Türkiye deprem bölgeleri haritası incelendiğinde ülke topraklarının yüzde 96'sının farklı oranlarda deprem tehlikesine sahip bölgeler içerisinde yer aldığı ve nüfusun yüzde 98'inin bu bölgelerde yaşadığı görülmektedir. Ülkemiz, depremlerde insan kaybı açısından dünyada dokuzuncu, toplam etkilenen insan sayısı açısından ise beşinci sıradadır. Yurdumuzda ortalama olarak her yıl büyüklüğü 5 ile 6 arasında değişen bir deprem yaşanmaktadır [56, 57].

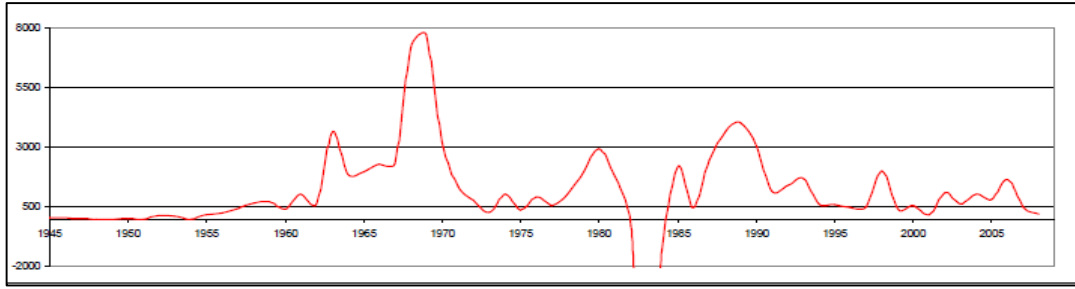
2.3.2. Heyelanlar

Ülkemizde heyelan olaylarına neredeyse her ilimizde rastlanmaktadır. Heyelanlar özellikle Karadeniz bölgesi ve aktif fay hatları çevresinde yoğunlaşmıştır. Ortalama yağış miktarının fazla olduğu yıllarda heyelan olaylarının sayısı da artış göstermiştir. Bartın-Ulus, Trabzon-Maçka, Rize-Çayeli, Rize-Merkez ve Karabük-Yenice ilçeleri en fazla heyelan olayı gözlenen ilçelerdir. Heyelan olayları bölgesel olduğu için

gündemin geri planında kalmaktadır. Fakat sonuçları irdelendiği zaman verdiği zararın büyük çaplı olduğu görülecektir. Bu sebepten heyelanları önleyici ya da zararını en aza düşürücü yönde çalışmalara ağırlık verilmelidir [55].



Şekil 2.4. Türkiye heyelanlı yerleşim birimleri mekânsal dağılımı [55]

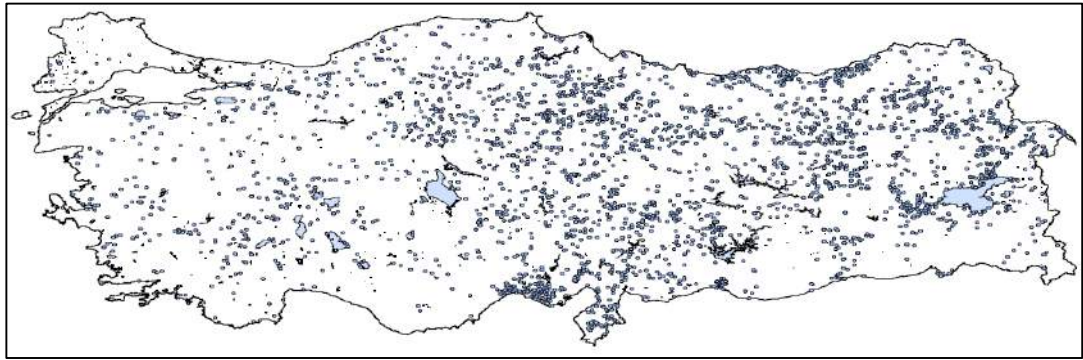


Şekil 2.5. Yıllara göre heyelanlardan etkilenen afetzede sayıları [55]

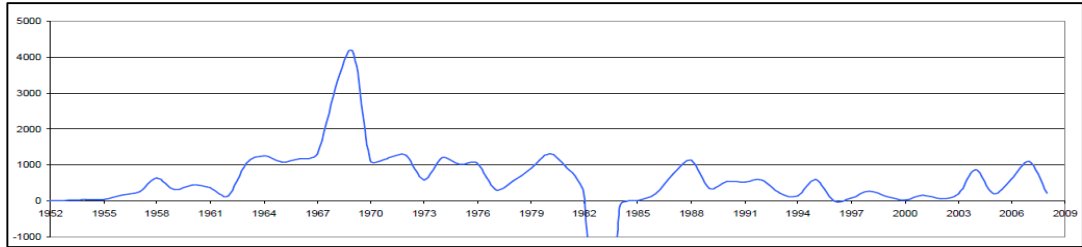
2.3.3. Su baskınları

Su baskınları; meteorolojik, topografik ya da insan kaynaklı sebepler sonucu oluşmaktadır. Su baskınlarında temel faktör yağış karakteri olmakla birlikte bölgedeki jeolojik, jeomorfolojik (yükselti, vadi ve drenaj yapısı, yamaç eğimleri vb.) koşullar ve erozyon süreçleri ile yanlış arazi kullanımı (ormansızlaşma, tarım alanlarının hızlı büyümesi vb.), dere yataklarında kontrolsüz yapılaşma, inşaat hafriyatı, çöp dökümü, konut yapımı vb. nedenlerle dere kesitlerinin daraltılması gibi hidrolojik dengeyi bozucu insan girişimleri de etkili olmaktadır [55].

Su baskınları yoğun olarak akarsu havzalarında görülmektedir. Genellikle kışın görülen su baskınları cephesel ve orografik yağışlarla, yaz aylarında görülen seller ise daha çok sağanak şeklindeki konvektif yağışlarla ilişkilidir. Su baskınları yazın bitki örtüsü olmaması ve ani yağış, ilkbaharda ise ısınan hava ile birlikte eriyen karların akarsuları beslemesi sebebiyle oluşmaktadır. Büyük şehirlerde hızlı nüfus artışı, alt yapı konusundaki yetersizlik ve hatalar sebebiyle su baskınları artmıştır [55].



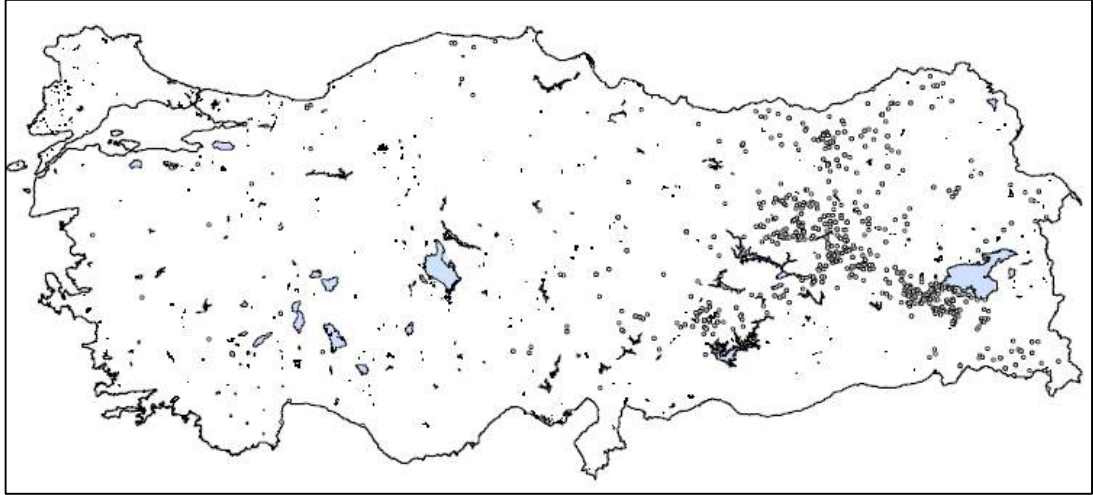
Şekil 2.6. Türkiye su baskınlı yerleşim birimleri mekânsal dağılımı [55]



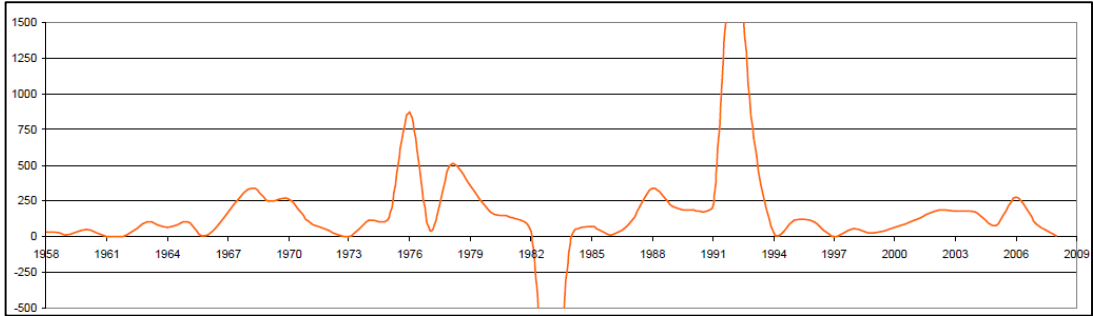
Şekil 2.7. Yıllara göre su baskınlarından etkilenen afetzede sayıları [55]

2.3.4. Çığlar

Türkiye genelinde 81 ilin 45'inde çığ olayları meydana gelmektedir. Çığ olayları yüzünden, 1958 - 2008 yılları arasında 4384 adet afetzede için nakil öngörülmüştür. Bitlis ili en fazla çığ olayı gözlenen il durumundadır. Türkiye'de çığ olayları Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Kuzeydoğu Karadenizin yüksek rakımlı bölgelerinde görülmektedir [55].



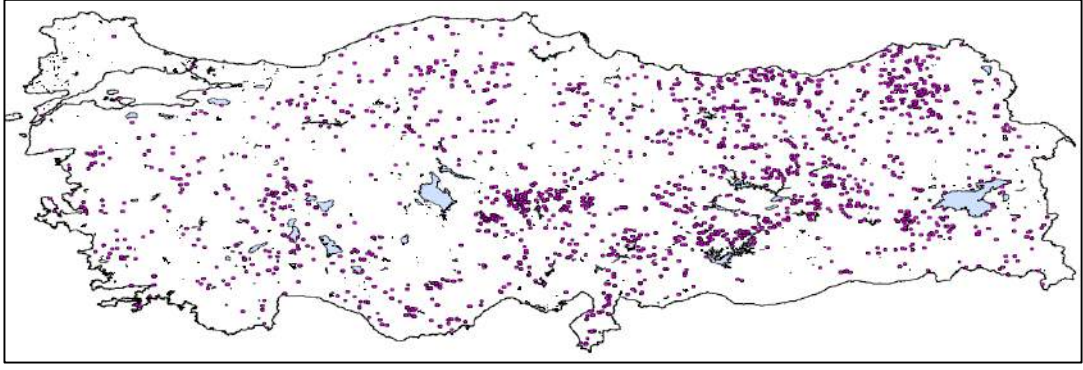
Şekil 2.8. Türkiye çığ olaylarının mekânsal dağılımı [55]



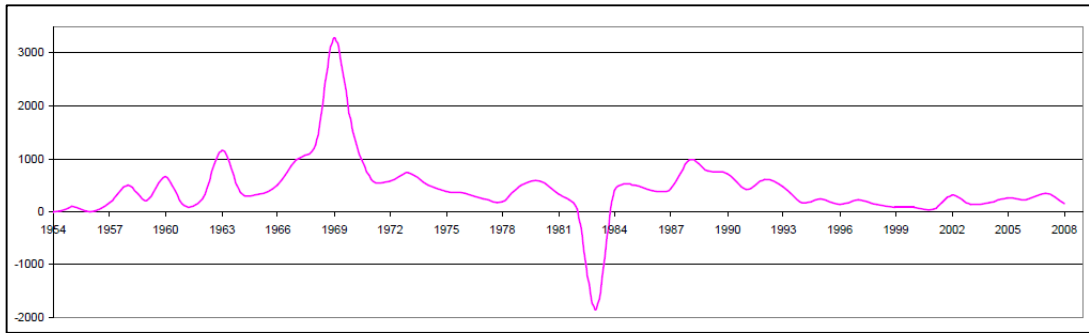
Şekil 2.9. Yıllara göre çığ olayından etkilenen afet zede sayıları [55]

2.3.5. Kaya düşmesi

Kaya düşmesi olayları ülkemiz yerleşim birimlerinin yaklaşık olarak yüzde 5'lik kısmını etkilemektedir. Olaylar genellikle Karasal iklimin etkili olduğu yerlerde, volkanik arazilerde, fiziksel aşınma görülen arazilerde ve Kuzedoğu Karadeniz bölgesinde yoğunlaşmaktadır. Kaya düşmesi olayına en çok Kayseri, Erzurum, Nevşehir, Adıyaman ve Sivas illeri maruz kalmıştır [55].



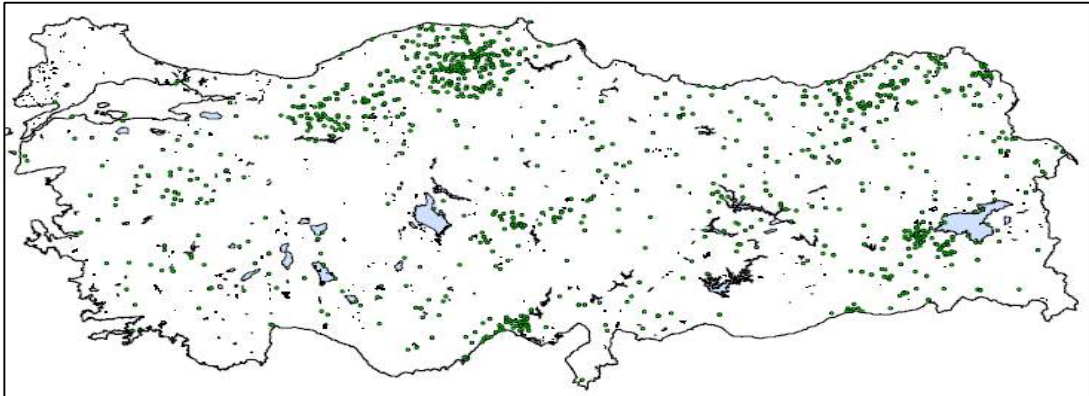
Şekil 2.10. Türkiye kaya düşmesi olayları mekânsal dağılımı [55]



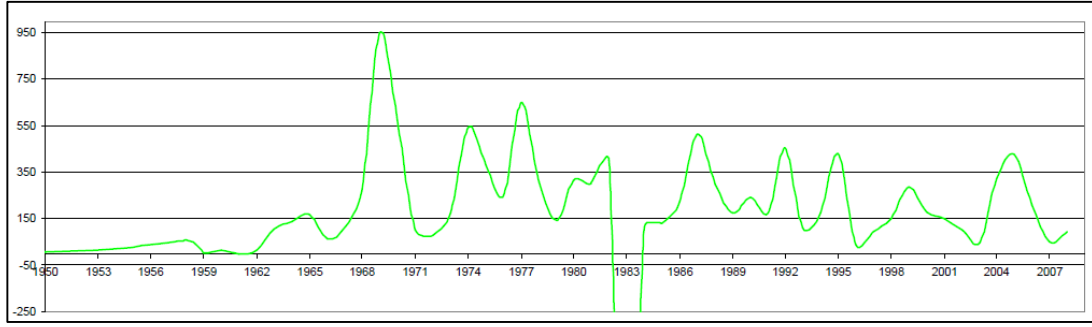
Şekil 2.11. Yıllara göre kaya düşmesi olayından etkilenen afetzede sayıları [55]

2.3.6. Diğer afetler

Yangın, şiddetli yağış, hortum, jeomedikal afet gibi afetler diğer afetler olarak adlandırılmıştır. Kastamonu ili diğer afetlerin en sık rastlandığı ilimizdir. Diğer afetlerden en sık rastlanılanı da yangınlardır [55].



Şekil 2.12. Türkiye’de diğer afet türlerinin mekânsal dağılımı [55]



Şekil 2.13. Yıllara göre diğer afet olaylarından etkilenen afetlerde sayıları [55]

2.3.7. İklim değişikliği

İklim değişiklikleri de afet oluşumuna sebep olmaktadır. Dünya’da küresel iklim değişimi nedeniyle “katastrofik” olarak adlandırılan büyük ölçekli doğal afetlerden hidro-meteorolojik karakterli olanların sayısında 1980 yılından beri sürekli ve önemli artışlar görülmektedir. Bu artışlar sebebiyle dünya üzerinde oluşan büyük çaplı doğal afetlerin yüzde 91’i atmosfer kaynaklıdır. Hidro-meteorolojik afetler her yıl dünya genelinde 300 binden fazla insanın ölümüne, 325 milyon insanın ciddi bir şekilde etkilenmesine ve 125 milyar dolar tutarında ekonomik kayba neden olmaktadır. Avrupa’da da, 1980 yılından beri yaşanan afetlerin yüzde 64’ünden doğrudan seller, fırtınalar, kuraklık ve sıcak hava dalgaları gibi şiddetli hava ve iklim koşulları sorumludur [61].

Avrupa’da hava ve iklim koşullarından kaynaklanan ve afete neden olan olayların yıllık ortalama sayısı, 1990’lı yıllarda, bir önceki on yılla karşılaştırıldığında ikiye katlanmış, buna karşılık depremler gibi iklime bağlı olmayan afetlerin sayısı aynı kalmıştır. Türkiye’nin etkilenebilirlik açısından gelecekteki durumu değerlendirildiğinde, 21. yüzyılın sonlarına doğru Avrupa ve Orta Asya Bölgesinde aşırı iklim olaylarına en çok maruz kalacak 3. ülke olacağı ifade edilmektedir. Türkiye’nin gelecek iklim senaryoları incelendiği zaman Akdeniz ve Ege bölgelerindeki yağışlarda azalma Karadeniz bölgesindeki yağışlarda ise artış gözlenmesi öngörülmektedir. Bunların yanında kuraklık ve deniz seviyelerinde yükselme beklenmektedir [61].

Dünya Meteoroloji Teşkilatı'nın (WMO-World Meteorological Organization) çalışmalarından biri olan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change) sonucu 2007 yılından bu yana hazırlanan 5. Değerlendirme Raporu (AR5) yayınlanmıştır. Rapora göre, iklim değişikliğinin gelecekte en az yüzde 95 ihtimalle görülmesi beklenen etkileri şöyledir [62, 63]:

- Kasırga, sel ve deniz seviyesindeki yükselmeye bağlı olarak, Küçük Ada Devletleri, diğer küçük adalar ve kıyı bölgelerinde ölüm, yaralanma ve yerleşim yerlerinin zarar görme riski,
- Karasal bazı bölgelerde ani sellere bağlı olarak yerleşim yerlerinin zarar görmesi, şehirlerde yaşayan nüfusun ciddi hastalık tehditleriyle karşı karşıya kalması riski,
- Aşırı hava olaylarına bağlı olarak altyapı sistemlerinin büyük ölçüde zarar görmesi ve/veya ortadan kalkmasıyla elektrik ve su temini ile sağlık ve acil yardım hizmetlerinin düzenli sürdürülememesinden kaynaklanacak sistemik riskler,
- Sıcak hava dalgalarının yaşanacağı dönemlerde kentsel ve kırsal alanlarda, dışarıda çalışanlar ile kentli nüfusun kırılgan kesimlerinde (yaşlılar, solunum zorluğu çekenler vb.) ölüm ve hastalık oranlarının artması riski,
- Sıcaklık artışı, kuraklık, seller ve yağış rejimindeki değişiklik ve aşırılıklara bağlı olarak, özellikle yoksul kesimler için gıda temin sisteminin işlemez hale gelmesi ve gıda güvenliğinin tehlikeye girmesi riski,
- İçme ve sulama suyuna yetersiz erişim ve tarımsal üretimde düşüşe bağlı olarak, özellikle yarı kurak bölgelerde yaşayan geçimlik çiftçi ve köylülerin geçim kaynaklarının azalması riski,
- Özellikle Tropik ve Kuzey Kutup bölgelerinde deniz ve kıyı ekosistemleri ile bu sistemlerin kıyı alanlarında yaşayan nüfusa sağladıkları biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinin yok olması riski, karasal ve tatlı su ekosistemleri ve ile bu alanlarda yaşayan insanların yararlandıkları biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinin yok olması riski.

2.3.8. Teknolojik ve insan kaynaklı afetler

Teknolojik afetler, insan faaliyetleri ya da doğal afetlerin tetiklemesi sonucunda oluşan endüstriyel, maden, ulaşım ve taşımacılık, nükleer ve radyolojik, deniz kirliliğine neden olan kazalar, büyük yangınlar, biyolojik olaylar, kritik altyapılar ve siber tehditler ile çevresel tehlikeler gibi can kaybına, hastalıklara, sosyal, ekonomik ve çevresel bozulmalara neden olan afet ya da acil durumlar olarak tanımlanmaktadır. Gelişen teknoloji, insanların doğal kaynakları bilinçsiz kullanımı, şehirleşmedeki sıkıntılar insan kaynaklı, teknolojik ve endüstriyel afet sayısının artmasına sebep olmuştur. Bu afetler geniş bir coğrafyayı kapsamakta, büyük ekonomik kayıpara sebep olmakta ve etkilerinin silinmesi uzun zaman almaktadır. 1900-2014 yılları arasında Türkiye’de 133 adet teknolojik afet raporlanmış, 5912 kişi hayatını kaybetmiş ve 278 milyon dolar ekonomik kayıp olmuştur [64, 65].

Tablo 2.2. 1954-2014 yılları arasında Türkiye’de meydana gelmiş teknolojik afetler [66]

Afet Türü	Tarih	Ölü Sayısı
Diğer Kaza	27.11.1954	2000
Endüstriyel Kaza	14.5.2014	301
Endüstriyel Kaza	3.3.1992	272
Diğer Kaza	13.9.1922	200
Endüstriyel Kaza	7.3.1983	98
Endüstriyel Kaza	24.11.1980	97
Taşımacılık Kazası	1.2.1963	95
Diğer Kaza	2.2.2004	94
Taşımacılık Kazası	8.1.2003	75
Taşımacılık Kazası	26.5.2003	74

Her gün dünya üzerinde birçok trafik kazası meydana gelmektedir. Bu kazalar trajik sonuçlar doğurabilmekte, maddi ve manevi kayıplara sebebiyet vermektedir. Kazalar bireylerin ekonomik ve sosyolojik durumunu etkilemektedir. Trafik kazaları da ülkemizde büyük oranlı can kayıpları ve maddi hasara sebep olan insan kaynaklı afet türlerinden sayılabilir.

Ülkemiz karayolu ağında 2013 yılında toplam 1207354 adet trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazaların 1046048 adedi maddi hasarlı 161306 adedi ise ölümlü

yaralanmalı trafik kazasıdır. Trafik kazalarında 3685 kişi hayatını kaybederken 274829 kişi yaralanmıştır [67].

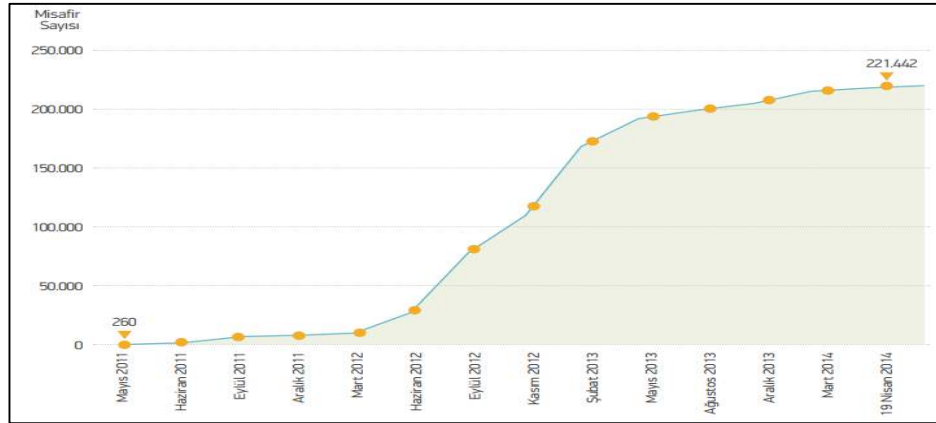
Tablo 2.3. TÜİK karayolu kaza istatistikleri [67]

Yıl	Toplam Kaza Sayısı	Ölümlü yaralanmalı kaza sayısı	Maddi hasarlı kaza sayısı	Ölü sayısı ⁽¹⁾	Yaralı sayısı
2004	537352	77008	460344	4427	136437
2005	620789	87273	533516	4505	154086
2006	728755	96128	632627	4633	169080
2007	825561	106994	718567	5007	189057
2008	950120	104212	845908	4236	184466
2009	1053346	111121	942225	4324	201380
2010	1106201	116804	989397	4045	211496
2011	1228928	131845	1097083	3835	238074
2012	1296634	153552	1143082	3750	268079
2013	1207354	161306	1046048	3685	274829

(1)Trafik kaza yerindeki ölümleri kapsar.

2.3.9. Ülkelerin özel durumları

Doğal ve Teknolojik afetlerin yanında savaş, iç karışıklık ve terör durumları da lojistik afet desteğini gerektirecek durumlar oluşturmaktadır. Mayıs 2011'den itibaren komşu ülke Suriye'de baş gösteren iç savaş sebebiyle Suriye'den Türkiye'ye göç yaşamaya başlamıştır. Türkiye 10 şehirde kurulan 22 geçici barınma merkezinde 200 binden fazla Suriyeli sığınmacıya (geçici koruma statüsü) ev sahipliği yapmaktadır. Bunun dışında, geçici barınma merkezleri dışındaki yaklaşık 500 bin Suriyeli sığınmacıya sağlık, eğitim ve gıda yardımı sağlanmaktadır. UNHCR (Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği) verilerine göre 30 Ekim 2014 itibariyle Türkiye'ye Suriye dışından Afganistan, Irak, İran, Somali ve diğer ülkelerden toplam 17724 mülteci giriş yapmıştır [68-71].



Şekil 2.14. Türkiye'deki Suriyeli sığınmacı sayısı [69]

Toplam 22 barınma merkezinde 221442 sığınmacı barınmaktadır. En yoğun olarak Şanlıurfa, Gaziantep ve Hatay illerinde Suriyeli mülteci bulunmaktadır. Barınma merkezlerinin koordine ve düzeni AFAD tarafından sağlanmaktadır [69, 72].

Tablo 2.4. Barınma merkezlerine göre sığınmacı sayısı dağılımı [69]

İl	Barınma Merkezi Sayısı	Mevcut Suriyeli Sayısı
Şanlıurfa	4	73739
Kilis	2	37678
Gaziantep	4	33950
Kahramanmaraş	1	15668
Hatay	5	14599
Adana	1	11451
Adıyaman	1	9901
Osmaniye	1	9230
Mardin	2	8151
Malatya	1	7075
Toplam	22	221442

2.4. Afet Zararlarının Değerlendirmesi

Türkiye bir doğal afet ülkesi olmasına rağmen, yakın zamanlara kadar ülkenin afet yönetimi ili ilgili politikaları eleştirel gözle incelenmemiş ve her düzeyde yetersiz kalan azaltma faaliyetlerinin yol açtığı can ve mal kayıpları ile sosyal ve ekonomik

faaliyetler dikkate alınmamıştır. Ülkemizde 1950’li yıllardan sonra yaşanan hızlı göç, deneyimsiz kentleşme ve yapılaşmanın yanı sıra, hızla gelişen sanayi süreçleri, kentlerimizin başta depremler olmak üzere tüm doğal, teknolojik, çevresel ve insan kaynaklı tehlikelere karşı dirençsiz ve savunmasız bir biçimde büyümesine neden olmuştur. Büyük afetler; ülke ekonomisinin ve büyüme hedeflerinin sekteye uğramasına, gelir-gider dengesinin bozularak fakirliğin artmasına, yatırım planlarının iptaline ya da aksamasına, yeni vergilere, işsizliğe, sosyal dengenin bozulmasına ve kontrolsüz nüfus değişimlerine sebep olabilmektedir [73 - 75, 56].

Kalkınma planlarındaki eksikler ve hatalar doğal afetlerin yıkıcı etkilerini arttırmaktadır. Şehir ve Bölge planlamaları yapılırken bölgenin jeolojik ve jeomorfolojik yapısı göz önünde bulundurulmalı yapılanmalar bu doğrultuda yapılmalıdır. Ülkemizde eskiden şehirleşme planlarında afetlerin vurucu etkisini azaltacak yönde bir çalışma yapılmamıştır. Günümüzde ise afete duyarlı kentleşme, yapılanma yönünde gelişmeler kaydedilmektedir [55, 74, 75].

2.5. Afet Yönetimi Kavramı

Günümüzün gelişen teknolojisi ve eriştiği bilgi seviyesine rağmen insanlar doğal afetlerin oluşumunu engelleme yetisine sahip değildir. Yapılabilecek çalışmalar, afetler oluşmadan önce risk azaltıcı şekilde ve afet oluşumundan sonra ise kriz yönetimini etkin şekilde kullanmaya yönelik olmalıdır. Afetler ve oluşum nedenleri yekili birimler tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenmeli, bu konularda projeler geliştirilmeli, dünya üzerinde uygulanmış başarılı çalışmalar ülkemizde de uygulanmalıdır. Bireylerin çevrelerinde olmuş ya da olabilecek afet olaylarından haberdar olmaları, bu afet olaylarının sebeplerini iyi anlamda bilmeleri ve bu olayları en düşük zararla atlatmaları hatta mümkün olduğunca etkilenmemelerini sağlayan tüm çalışmalar Afet Yönetimi kapsamı içerisinde değerlendirilebilir. Afet yönetimi bireysel bir çalışma değildir. Etkin afet yönetimi çalışması konuyla ilgili tüm disiplinlerin ve toplumun birlikte çalışmasıyla elde edilebilecektir [76].

2.6. Afet Yönetimi Tarihsel Gelişimi

Anadolu medeniyetleri deprem ve çeşitli afetlerden etkilenmişlerdir. Milattan önce 60 yılında günümüz Denizli-Pamukkale bölgesinde bulunan Hierapolis şehri meydana gelen deprem sonucu yok olmuştur. Afetlerden etkilenmiş yapılara ve yerleşimlere ait onarım rapor ve belgeleri tarihi arşivlerde yer almaktadır. Öneğin, 14 Eylül 1509 senesinde meydana gelen 13 bin kişinin öldüğü belirtilen “Büyük İstanbul Depremi” sonrası dönemin padişahı II. Beyazıt ferman çıkararak ailelere deprem hasarlarını giderebilmeleri için 20 altın bağış yapmıştır. Ayrıca İstanbul’un hasarlarını giderebilmek adına 14-60 yaş arası erkeklere inşaatlarda çalışma zorunluluğu getirilmiştir. Bu çalışmalar sonucu 6 aylık bir sürede 2000 yeni konut inşa edilmiştir ve hasar görmüş yapılara da tadilat çalışmaları yapılmıştır. Ferman gereği surların dışına ve belli alanlara yapı faaliyetleri yasaklanmıştır. Ferman yapısal olarak hazırlanan ilk yasal belgedir. Sonraki dönemlerde yapıların yangından zarar görmelerini azaltmak için yapı malzemelerine düzenleme getirilmiştir [74].

Yakın geçmişe kadar afetlere yaklaşım afet olduktan sonra eldeki imkânlar dâhilinde afete müdahale etmek, gıda, barınma ve ilk yardım hizmeti sunmak şeklindeydi. Bu doğrultuda 1868 yılında kurulan Türkiye Kızılay Derneği ve toplumdan sağlanan gönüllü yardımlarla afet yaraları sarılmaya çalışılmıştır. 1933 yılında çıkarılan “Belediye Yapı ve Yolları” yasası ile şehircilik anlayışı çağa uygun olarak düzenlenmiş ve imar düzenlemeleri getirilmiştir [74].

1939 yılında Bayındırlık Bakanlığı’na bağlı olarak “Yapı ve İmar İşleri Reisliği” adıyla kurulan birim doğal afetlerle ilgili çalışmaları düzenlemiştir. 1935 ve 1943 yılları arasında artış gösteren ve büyük kayıplara sebep olan su baskını ve taşkınlar yaşanması “Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Koruma” adlı kanunun çıkarılmasına sebep olmuştur. Kanunun yürütmesi “Su İşleri Reisliği” adıyla kurulan birim tarafından yapılmıştır [74].

1939-1944 yılları arasında Erzincan, Niksar, Adapazarı, Tosya ve Bolu’da meydana gelen depremleri sonucu 43319 can kaybı, 200000 civarı yapının hasar görmesi

sonucu 22 Temmuz 1944 tarihinde, 4623 sayılı “Yer Sarsıntılarından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun” adıyla depremlere karşı hazırlıklı olma, deprem zararlarını azaltma ve acil iyileştirme amacıyla yasal bir düzenleme getirilmiştir. 1945 yılında geçmiş verilerden yararlanılarak resmi olarak ilk defa Türkiye deprem bölgeleri haritası hazırlanmıştır. 1950 ile 1958 yılları arasında büyük depremlerin olmaması sebebiyle 4623 sayılı yasa gereği alt yapı güçlendirme faaliyetleri gerçekleştirilmemiştir. Ayrıca sanayileşme sonucu büyük şehirlere yapılan göçler ve plansız, izinsiz ve kaçak yapılaşma faaliyetleri artış göstermiştir. Bu yasal olmayan yapılanmaların önüne geçmek için ayrıca imar, yerleşme, yapılaşma, alt yapı, planlama ve doğal afet çalışmalarını yürütmek üzere 1958 yılında 7116 sayılı yasa ile kurulan “İmar ve İskân Bakanlığı” kurulmuştur. Bu dönemde 7126 sayılı “Sivil Savunma” yasası çıkarılmış, arama-kurtarma, acil yardım gibi görevleri yürütmek için İçişleri Bakanlığına bağlı olarak “Sivil Savunma Genel Müdürlüğü” kurulmuştur [74].

1959 yılı ve sonrası doğal afet çalışmaları boyut değiştirmiş uluslararası gelişmeler göz önüne alınarak kapsamlı yenilikler getirilmiştir. Bu yılda çıkarılan “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair” 7269 sayılı kısaca afetler kanunuyla birlikte o tarihe kadar sadece depremleri ve su baskınlarını kapsayan zarar azaltıcı faaliyetlerin kapsamı genişletilmiş ve ülkemizde etkin olarak görülen heyelan, kaya düşmesi, çığ olayları gibi doğal kaynaklı afetlere karşı yapılacak çalışmaları da içermeye başlamıştır. Yasa gereği her yıl bütçeden aktarılan ödenekler, Kamu İktisadi Teşekküllerinin (KİT) bilanço karlarının yüzde 3’ü, iç ve dış kaynaklı nakdi yardımlar ve yapılan konut yardımlarının geri ödemelerinden oluşturulan “Afetler Fonu” oluşturulmuştur. Bu büyük değişiklik sayesinde ilgili bakanlığın gerekli durumlarda kullanabileceği bir kaynak sağlanmıştır [74].

1965 yılında Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1971 yılında da 7269 sayılı temel afet yasası gereği Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı kurulmuş sonrasında da Afet İşleri Genel Müdürlüğü’ne bağlanmıştır. Bu birim deprem zararları azaltma faaliyetlerini çeşitli kamu kurum ve kuruluşları, üniversiteler ve araştırma merkezleri

ile birlikte yürütmektedir. 1974 yılında Bakanlık ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi arasında imzalanan protokol ile üniversite “Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi” olmuştur [74].

7269 sayılı afet yasası doğal afetlerle ilgili çalışmaların planlama ve uygulama yetkilerini Bayındırlık ve İskân Bakanlığı’na vermiştir. Bakanlık bu yetki dâhilindeki faaliyetlerini Afet İşleri Genel Müdürlüğüne yürütmektedir. Bakanlık yetki ve sorumlulukları doğrultusunda 1975 ve 1988 yılları arasında yerel üst ve kalfalara, mimar ve mühendislere, afet yöneticilerine ve halka yönelik kapsamlı eğitim programları vermiştir. Hazırlanan el broşürleri, film ve videolar, duvar levhaları gibi görsel ve işitsel materyeller ile eğitim ve bilişlendirme çalışmaları tüm Türkiye’de uygulanmıştır [74].

Birleşmiş Milletler Genel Kurulunda alınan karar gereği 1990-2000 yılları arası 10 yılın, doğal afet zararlarının azaltılması uluslararası yılı ilan edilmesi fikrini destekleyerek Bayındırlık ve İskân Bakanlığı koordinatörlüğünde belli kurumlardan 20 kişilik bir Ulusal Komite oluşturulmuştur. Komite, on yıl için çalışma planı hazırlamış ve ilgili kurumlara göndermiştir. Ancak yeterli kaynak ve politik destek olmaması sebebiyle planın küçük bir parçası uygulanabilmiştir [74].

17 Ağustos 1999 İzmit Körfez depremi sonrası Hükümet, (TBMM) Türkiye Büyük Millet Meclisi’nden KHK (Kanun Hakkında Kararname) çıkarma yetkisini almış ve ivedi olarak kanun, KHK, tüzük ve yönetmelikler çıkarmıştır. Örneğin, 27 Aralık 1999 tarihli ve 587 nolu KHK ie zorunlu deprem sigortası gelmiştir [74].

29.05.2009 tarihinde 5902 sayılı “Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun” TBMM’de kabul edilmiş ve 17.06.2009 tarih ve 27261 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanunla; afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetleri yürütmek üzere, Başbakanlığa bağlı “Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)” kurulmuştur. Kanun; afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetlerin ülke düzeyinde etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması

ve olayların meydana gelmesinden önce hazırlık ve zarar azaltma, olay sırasında yapılacak müdahale ve olay sonrasında gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmalarını yürüten kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanması ve bu konularda politikaların üretilmesi ve uygulanması hususlarını kapsamaktadır. 5902 sayılı kanunun TBMM’de kabulünden sonra kuruluş çalışmalarını tamamlayan AFAD, 17.12.2009 tarihinde Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulu kararıyla aktif hale getirilmiştir. Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulu kararından sonra Afet İşleri, Sivil Savunma ve Türkiye Acil Durum Yönetimi genel müdürlüklerinin görevleri AFAD Başkanlığı ve İl Afet ve Acil Durum Müdürlükleri tarafından yapılmaya başlanmıştır. Bu kanunla; illerde, il özel idaresi bünyesinde, valiye bağlı İl Afet ve Acil Durum Müdürlükleri kurulmuştur. Sivil Savunma Koleji, Afet ve Acil Durum Eğitim Merkezine dönüştürülmüştür. Sivil Savunma, Arama ve Kurtarma Birlik Müdürlükleri teşkilat ve personeli ile birlikte buldukları ilin il özel idaresine devredilmiştir. Bu müdürlükler 6111 sayılı yasayla buldukları ilin İl Afet ve Acil Durum Müdürlükleri bünyesinde ve emrinde görev yaparlar. Ayrıca, kamu kurum ve kuruluşlarında bulunan Savunma Sekreterliği birimleri ile Savunma Uzmanlığı kadroları kaldırılmıştır. İl ve ilçe sivil savunma müdürlerinin görevleri sona ermiştir. Yeni yapılanmayla, afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetlerin ülke düzeyinde etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması, afetlerin meydana gelmesinden önce hazırlık ve zarar azaltma, afet sırasında yapılacak müdahale ve afet sonrasında gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmalarını yürüten kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanabilmesi beklenmektedir [53].

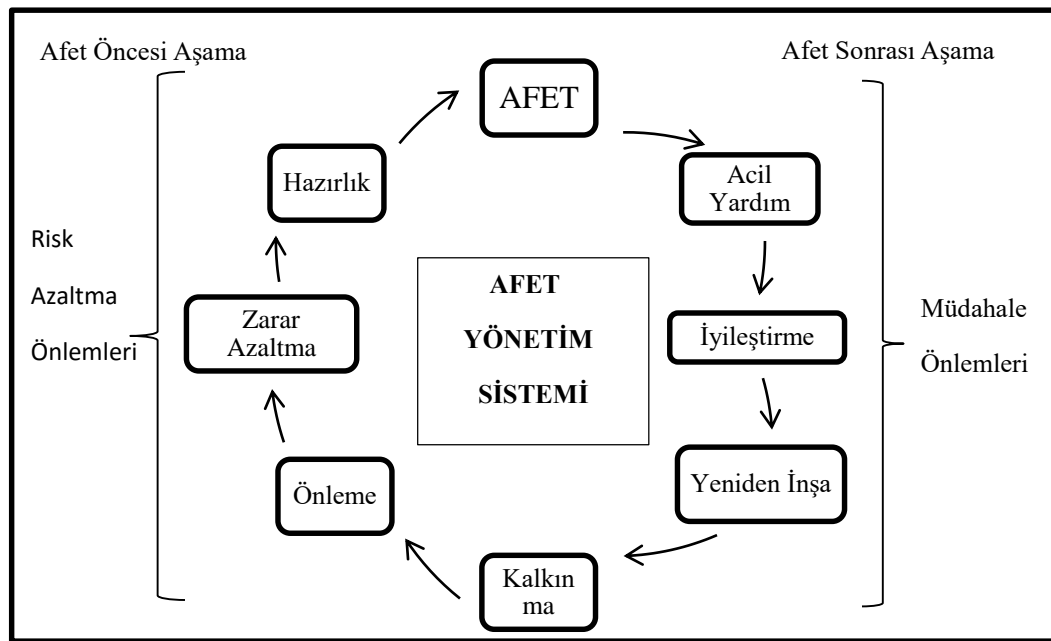
2.7. Afet Yönetim Sistemi

Kökenleri ve gelişim hızları ne olursa olsun, tüm afet olayları ile ilgili faaliyetler, 5 ana safhaya ayrılabilir. Bunlar [77];

- Zarar azaltma,
- Önceden hazırlık,
- Kurtarma ve ilk yardım,

- İyileştirme,
- Yeniden inşa safhalarıdır.

Yapılan faaliyetlerin birbirleriyle iç içe girmiş, birbirlerini takip etmek zorunluluğu olan ve bir önceki safhada yapılan çalışmaların büyük ölçüde bir sonraki safhada yapılacak olan çalışmaları etkilemesi ve bu nedenle de süreklilik göstermesi gereken bu faaliyetler afetler halkası veya zinciri denilen aşağıdaki şekilde daha kolay incelenebilir [77].



Şekil 2.15. Afet yönetim sistemi halkası [77]

Zarar Azaltma Aşaması: Afet tehlikesi ve riskinin belirlenmesi, mümkünse önlenmesi veya büyük kayıplar doğurmaması için alınması gereken önlemlerin alınması, toplumun afet tehlikesi ve riski konusunda bilgilendirilmesi, bilinçlendirilmesi ve baş edebilme kapasitesinin geliştirilmesi, afet öncesi ve sonrasında uygulanan mevzuat ve kurumsal yapılanmanın geliştirilmesi, araştırma-geliştirme politika ve stratejilerinin belirlenmesi ve uygulanması gibi faaliyetler, bu aşamada yapılması gereken çalışmaların başında gelmektedir. Birçok kurum ve kuruluşla çok çeşitli meslek gruplarının belirli bir hedef doğrultusunda, etkin bir işbirliği ve koordinasyon içerisinde çalışmasını gerektiren bu faaliyetler, uzun vadeli

ve sürekli çalışmalardır. Bu nedenle de toplumun her kesimini ilgilendirmekte ve bu kesimlerin katkı ve gayretlerini gerektirmektedir [51].

Hazırlık Aşaması: Zarar azaltma aşamasında yapılan çalışmalar ve alınan önlemlere rağmen afet sonucu doğurabilecek tehlike ve risklerin tamamen ortadan kaldırılması mümkün olmayacağı için, acil durum planlarının hazırlanması ve geliştirilmesi, bu planlarda görev ve sorumluluk verilen personelin, eğitim ve tatbikatlarla, bilgi düzeyinin geliştirilmesi, arama-kurtarma faaliyetlerinin örgütlenmesi, geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, alarm ve erken uyarı sistemlerinin kurulması ve geliştirilmesi, gerektiğinde bölgesel ve yerel ölçekte acil yardım malzemelerinin stoklanması gibi faaliyetler bu aşamada yapılmaktadır. Bu faaliyetlerin, yalnızca afetin alarm süresi içerisinde yapılan kısa süreli faaliyetler olarak görülmemesi gerekmektedir. Bu aşamada, tehlikenin olası yıkıcı etkilerini azaltacak ve insan canı, malı ve milli servetleri koruyacak uzun veya kısa süreli birçok faaliyet gerçekleştirilebilir. Bu yönüyle de zarar azaltma aşamasında belirtilenlerle iç içe girmiş olan faaliyetler yürütülebilir. Örneğin, kentsel dönüşüm projeleri, bazı kritik yapı ve tesislerin güçlendirilmesi, halkın bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi bunlar arasında sayılabilir [51].

Olaya Müdahale Aşaması: Bir afetin oluşumundan hemen sonra başlayarak, afetin büyüklüğüne bağlı olarak 1-2 aylık süre içerisinde gerçekleştirilen faaliyetlerdir. Bu faaliyetlerin ana hedefi, mümkün olan en kısa süre içerisinde çok sayıda insan hayatını kurtarmak, yaralıların tedavisini sağlamak, açıkta kalanların barınma, beslenme, tahliye, korunma, ısınma, güvenlik, psikolojik destek gibi hayati gereksinimlerini en kısa süre içerisinde ve en uygun yöntemlerle karşılamaktır [51].

İyileştirme Aşaması: Bir afetin oluşumundan hemen sonra başlayarak, afetin büyüklüğüne bağlı olarak birkaç yıl sürebilen tüm faaliyetlerdir. Bu safhada yapılacak faaliyetlerin ana hedefi, afete uğramış toplulukların haberleşme, ulaşım, su, elektrik, kanalizasyon, eğitim, sosyal aktiviteler, geçici ve daimi iskân, çalışma ve ekonomik alanlardaki hayati aktivitelerinin zaman içerisinde geliştirilerek devamını

sağlamak ve sonuçta etkilenen insanlar için afet öncesinden daha güvenli ve gelişmiş bir yaşam çevresi oluşturmaktır [51].

2004 Deprem Şurası kurumsal yapılanma komisyon raporunda belirtildiği üzere afet yönetimi; ‘Afet yönetimi, afet sonucunu doğurabilecek olayların önlenmesi veya zararlarının azaltılması amacıyla bir afet olayının yukarıda açıklanan dört ana aşamasında yapılması gereken çalışmaların, toplumun tüm kesimlerini kapsayacak şekilde planlanması, yönlendirilmesi, desteklenmesi, koordine edilmesi, gerekli mevzuat ve kurumsal yapılanmaların oluşturulması veya yeniden düzenlenmesi ve etkin ve verimli bir uygulamanın sağlanabilmesi için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla, kaynaklarının bu ortak amaçlar doğrultusunda yönetilmesini gerektiren çok geniş bir kavramdır [51].’ şeklinde tanımlanmıştır. Tanımdan da anlaşılacağı üzere afet yönetimi aşamalarında sadece afetlerle ilgili çalışma ve araştırma yapan kurumların değil tüm toplumun ortak çalışmasını gerektirmektedir. Topumdaki her bir birey afetler konusunda bilinçlenmeli ve afet yönetimi aşamalarında ne tür roller üstleneceklerini bilmelidirler.

Suvit Yodmani afetlere olan bakış açısının değiştiğini belirterek “Afetler artık tamamiyle doğal güçler tarafından oluşturulmuş olağanüstü olaylar olarak değil, çözülmemiş gelişim problemlerinin belirtileri olarak görülmektedir. Afet yönetim uygulama yaklaşımları, yukarıdan aşağıya geniş bir yardım ve cevap yaklaşımından daha geniş sektörler arası bir risk yönetimi yaklaşımına türemiştir. Günümüz risk yönetimi yaklaşımları paradigmalarında fakirlerin risk yönetimi konularını ele alınması daha fazla yer bulmaktadır. Bir kaç yıl öncesine kadar afetler bir defaya mahsus olaylar olarak görülüyordu ve hükümetler ve yardım kuruluşları, bu olayların nedenlerini, sosyo-ekonomik etkilerini göz önüne almadan yanıtlıyordu” demiştir [78].

2.8. Lojistik Kavramı

Çevik ve Kaya’ya göre lojistik; “Ürünün üretildiği noktadan alınarak depolarda tutulması, stoklanması, ürünün istenilen yerlere ve istenilen şekilde teslim edilmesi

ve bütün bu işlerin planlı, en verimli ve en hızlı şekilde yapılmasıdır.” şeklinde tanımlanmıştır [79]. Lojistik faaliyeti, ulaştırmayla birlikte, ürünü ihraç eden ülke ve firma ile ithal eden ülke ve firma arasındaki ulaştırma öncesi bilgi akışı, iletişim kanallarını ve ulaştırma sonrası depolama işlemlerini kapsamaktadır [80].

2.9. Afet Lojistiği Kavramı

Afet Lojistiği, meydana gelen çeşitli afetlere çabuk cevap verebilmek adına, afetin türüne göre farklı zamanlardaki çok farklı faaliyetleri kapsamaktadır. Her ne kadar bu tür faaliyetler meydana gelen afetlerin türüne göre farklılık gösterse de ortak amaç “insan hayatını kurtarmaktır”. Genel anlamda afet yardım faaliyetleri ilk yardım malzemeleri, yiyecek, ekipman ve arama kurtarma ekibinin tedarik noktasından, afet bölgesinde coğrafi olarak dağınık çok çeşitli destinasyon noktalarına dağıtım; afetzedelerin afet bölgesinden tahliyesi, emniyetli ve çok hızlı bir şekilde sağlık merkezlerine transferinin yapılmasıyla ilgili faaliyetlerdir. Özellikle, ihtiyaç halindeki korunmasız kişilerin ihtiyaçlarını zamanında ve yerinde karşılamak amacıyla hem ürün ve malzemelerin hem de bunlarla ilgili gerekli bilginin depolanması ve orijin noktasından, ihtiyaç duyulan son noktaya kadar etkin bir şekilde akışı için faaliyetlerin planlanması, uygulanması ve kontrolü gereklidir. Bu da afet lojistiğini oluşturmaktadır [81].

Tablo 2.5. Afet lojistiği ile işletme lojistiği arasındaki farklar [81]

	Afet Lojistiği	İşletme Lojistiği
Temel Amaç	Savunmasız afetzedelerin acılarını hafifletmek	İşletme maliyetlerini minimize ederek kârlılığını arttırmak
Aktör Yapısı	Faaliyetlerde yer alan birimlerin birbirleri ile net bir bağlantısı yoktur. Sivil toplum örgütlerinin ve toplumsal aktörlerin egemenliği hakimdir.	Süreçte tüm partnerler her aşamada koordineli olarak bilgi paylaşımında bulunurlar.
Süreçler	Hazırlık, anında müdahale ve iyileştirmeden oluşur.	Tedarik ya da satın alma, üretim, depolama, pazarlama, satış, dağıtım, satış sonrası hizmetler vb. faaliyetlerden oluşur.
Temel Özellikler	Tedarik ve tedarikçide değişkenlik, büyük ölçekli faaliyetler, düzensiz talep, çok kapsamlı acil durum operasyonlarında olağandışı kısıtlar	Genellikle önceden belirlenmiş tedarikçiler, düzenli ve tahmin edilebilir talep.

Tablo 2.5. (Devamı)

Tedarik Zinciri Felsefesi	<ul style="list-style-type: none"> - Anında müdahale aşamasında “itme stratejisi” (tedarik edilenlerin afet bölgesine doğru gönderilmesi) - İyileştirme aşamasında “çekme stratejisi” (afetzedelerden gelen talebe göre belirlenen ihtiyaçların karşılanması) 	İtme stratejisi satış öncesi reklam, halkla ilişkiler, satış geliştirme gibi tutundurma faaliyetlerini, çekme stratejisi ise satış anı ve satış sonrası müşteri hizmetlerini ve müşteri beklentilerine göre karşılanan talebi kapsar.
Ulaştırma ve Altyapı	Afetlerden kaynaklı düzensiz altyapı nedeniyle, tahminlenmeyen yiyecek, giyecek, ekipman, tıbbi yardımlar vb. nin transferi söz konusudur.	Süreçte görev alan tüm partnerler bellidir ve kendi alanlarında kullandıkları sistemler düzenlidir.
Zaman Etkisi	Meydana gelen gecikmeler yaşamsal faaliyetleri olumsuz yönde etkiler ve bazı durumlarda hayati kayıplara neden olur.	Meydana gelen gecikmeler nedeniyle ortaya çıkan kayıp ve hasarlar, genelde işletmelerde maddi kayıplara neden olur.
Sınırlı Bilgi Faaliyetleri	Afetlerin doğası gereği acil müdahale gerektirmesi nedeniyle yetersiz ve etkin olmayan bilgi, süreç boyunca kesintiler yaratabilir.	Partnerlerin talep ve ihtiyaçları belli olduğundan tedarik, temin vb. durumlarda sorun yaşanmaz.
Tedarikçi Yapısı	Sınırlı sayıda alternatif tedarikçi (bazen istenmeyen tedarikçilerle işbirliği yapmaya zorunlu kalma)	Süreçte görev alan/işbirliği yapılan tedarikçiler belli olduğundan istenmeyen tedarikçiler kritik durumlar dışında süreçte görev almaz.
Kontrol	Acil durumlarda faaliyetler üzerindeki denetim eksikliği.	Süreç boyunca partnerlerin sürekli bilgi sistemleri ile koordineli bilgi paylaşımı sayesinde denetim eksikliği nadiren yaşanır.

2.10. Afet Lojistiği Aşamaları

Afet lojistiği aşamaları,

1. Afet öncesi hazırlık
2. Afet müdahale süreci
3. Müdahale sonrası

olmak üzere 3 kısımda değerlendirilebilir [82].

2.10.1. Afet öncesi hazırlık

Planlama: Afet öncesi hazırlık ve planlar doğru ürünün, doğru zamanda, doğru yere, doğru miktarda, doğru şekilde ve en uygun maliyetle ulaştırılmasını sağlamaya yönelik çalışmaları kapsamaktadır [82]. Bunun için;

- Afet tip ve büyüklüklerine uygun şekilde yardım malzeme çeşitlerinin ve miktarlarının belirlenmesi,
- Belirlenen malzemelerin temin edilebilirliği (firmaların tespiti) ve temin süresinin belirlenmesi, gerekli sözleşmelerin yapılması,
- Yardım malzemesi kabul, muayene, paketlenme ve etiketlenme süreçlerinin belirlenmesi,
- Ulusal ve bölgesel afet planları dâhilinde afet bölgesi lojistik depo ve yerel dağıtım merkezlerinin yerlerinin ve kapasitelerinin oluşturulması (malzeme, araç, gereç ve süreçler), dış depo kullanım sözleşmelerinin yapılması,
- Depolara ve afet bölgelerine taşımacılık sisteminin belirlenmesi, dış kaynak taşımacılık sözleşmelerinin yapılması,
- Afetin büyüklüğüne bağlı olarak yurtdışından gelebilecek yardım malzemelerinin en hızlı şekilde afet bölgesine ulaştırılması için en yakın gümrük kapısı noktalarının ve taşımacılık sisteminin belirlenmesi, kapsamında afet lojistik planının hazırlanması gerekmektedir.

Satınalma: Afet malzemelerinin temini esnasında, tedarikçi (mal ve hizmet sağlayıcı) firmaların seçiminde; firmaların güvenilirliği, referansları, deneyimi, kapasiteleri, imajı ve mali gücü gibi kriterler dikkate alınmalıdır. İhtiyaç malzemelerinin tamamını satın almak ve depolamak hem ekonomik değildir hem de koruma zorluğu yaratır. Bu nedenle acil ihtiyaç ve raf ömrü uzun olan çadır, battaniye, yatak, ısıtıcı ve mutfak seti gibi malzemeler gereken seviyede bulundurulmak üzere temin edilerek stoklanmalı, diğer ihtiyaç duyulan malzemeler ise yukarıda belirtilen firma seçim kriterleri göz önünde alınarak tedarikçi firmalarla protokoller imzalanmak yolu ile temin edilmelidir. Bu yöntemle malzeme temininde dikkat edilecek en önemli nokta, bir firma yerine birkaç firma seçilerek risk dağıtılmalıdır. Temin edilecek

malzemelerin standartları önceden belirlenip firmaya bildirilmeli ve firma aracılığı ile afet bölgesine bir plan dâhilinde sevk edilmesi sağlanmalıdır [82].

Taşımacılık yönetimi: Talep edilen, satın alınan malzemelerin doğru yere, doğru zamanda, doğru şekilde, en az maliyetle ve güvenli şekilde ulaştırılması için etkin bir taşımacılık yönetim sistemi geliştirilmelidir [82]. Bu amaçla;

- Farklı malzeme türlerine ilişkin araç tipleri (frigofrik, konteyner taşıyıcı, kapalı kasa, vd.) ve kapasiteleri belirlenmeli,
- Araçların yükleme ve boşaltma yöntemleri belirlenmeli, gerekli ekipmanlar oluşturulmalı,
- Afet anında araçların hızla ve yeterli sayıda bulunabilirliğini sağlayacak sistem kurulmalı, uygun sayıda özmal ve kiralık araç kombinasyonu oluşturulmalı,
- Araçların masraflarının en az seviyede tutulabilmesi ve afet görevlerinde araçlarla ilgili sorunlar yaşanmaması için araçların tüm periyodik bakımları yapılmalı,
- Araçlara malzeme teslim ve araçlardan malzeme tesellüm prosedürü oluşturulmalı,
- Depolardan afet bölgelerine seçenek güzergahların belirlenmesi,
- Araç içi yükleme optimizasyonları yapılmalı,
- Araçlardan en fazla fayda elde etmek ve kurallara uygun bir şekilde kullanılmasını sağlamak için araç takip sistemlerinin kurulması,
- Taşımacılık yönetimi bilgi teknolojileri altyapısının kurulması, gerekmektedir.

Depo yönetimi: Depolama en temel anlamda; malzemelerin kullanılmak ya da sevk edilmek üzere belirlenen koşullara uygun olarak stoklanması işlemidir. Lojistik kavramı içerisinde taşımacılık ve depolama en temel lojistik fonksiyonlardır. Acil durumlarda ve olası afetlere hazır bulunabilmek için temel ihtiyaç malzemelerinin stoklanması ve hazır halde bekletilmesi kaçınılmazdır. Uygun bir depolama hizmetinin yapılabilmesi için gereken asgari şartlar [82];

- Ulaşımın kolay yapılabileceği,
- Doğru seçilmiş arazide,
- Uygun bina yapılarında,
- Doğru büyüklükte (Ulusal ve Bölgesel Afet planlarında belirlenen afet müdahale kapasiteleri ile doğru orantılı olmalıdır),
- Uygun çalışma alanlarının sağlandığı, depo alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Depolar iki kategoride düşünölmelidir [82]:

1. Afet Lojistik Bölge Depoları (Müdahale sonrası hizmet, büyük ölçekli dağıtım depoları)
2. Yerel Dağıtım Merkezleri (Afet bölgesinde malzeme dağıtımı yapan küçük ölçekli depolar)

Gerek bölge depoları gerekse yerel dağıtım merkezlerinde stok doğruluğunu sağlamak amacıyla, stoklar belirli dönemlerde bir düzen içerisinde sayılarak ve kaydedilerek dönemsel sayım işlemleri gerçekleştirilmelidir.

Doğru depo seçimi: Doğru bir depo yeri seçimi yapmak için seçilecek depo bazı kriterlere sahip olmalıdır. Bu kriterler bölgesel depo ve yerel dağıtım merkezi tercihine göre farklılaşmakla beraber temelde benzer fonksiyonları yürüttükleri için aynı başlıklarla ifade edilebilirler. Depo seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken en temel kriterler aşağıda kısaca özetlenmiştir [82].

- Afet sırasındaki gereksinim sırasına göre temin edilecek malzemelerin hangi tip depolarda ve ne şekilde depolanması gerektiğinin tespit edilmeli, buna göre en uygun depo yerleri afete öngörölen süre içinde erişimi mümkün kılacak şekilde belirlenmelidir (örneğin 4 saat).
- Zemin etüdü yapılmış ve afetten zarar görmeyecek yerlerde olmalıdır.
- Havayolları, karayolları, demiryolları ve limanlara yakın yerlerde olmalıdır.
- Güvenlikli bir yerde olmalıdır.

- Depolar tasarlanırken dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan bir tanesi de ileride riskin artma eğilimi çerçevesinde kapasite artırımına gidildiğinde gelişmeye olanak sağlayacak şekilde olmalıdır.

Depolama fonksiyonları: Depoya gelen malzemelerin kabulünün ve denetlenmesinin yapılabilmesi için depo planı düzgün bir şekilde yapılmalı ve mümkün olduğunca uygun sayıda personel çalıştırılmalıdır. Depoya gelen tüm malzemeler depoya kabul edilmeden önce hangi amaçla depolanacağı belirtilmeli, istenilen şartlara uygun ve doğru miktarda ise kabulü yapılmalı ve amacına uygun bir şekilde deponun ilgili bölümünde muhafaza edilmelidir. Kabul yapılırken her malzeme için ayrı bir stok kartı açılmalı ve içeriği tanımlanan tüm malzemelere stok kodu verilmelidir. Herhangi bir malzeme için açılan stok kartında o malzemeye ait tedarikçisi, cinsi, içeriği, fiyatı, üretim tarihi, son kullanma tarihi, giriş-çıkış hareketleri, vb bütün özellikler belirtilmelidir. Kayda alınan ve sınıflandırılan malzemeler amacına göre önceden belirlenmiş stok yerlerine gönderilmelidir. Depoya alınan ve benzer amaçlara hizmet eden benzer malzemeler birbirlerine yakın alanlarda stoklanmalıdır. Olası bir ihtiyaç anında aynı anda sevkiyat yaparak zaman kazanmak açısından bu son derece önemli bir kavramdır. Örneğin bir deprem sonrasında ihtiyaç duyulabilecek çadır ve çadır yan ürünleri birbirine yakın yerlerde muhafaza edilmelidir. Depolar oluşturulurken dikkat edilmesi gereken ölçütler aşağıda belirtilmiştir [82]:

- Yeterli park ve manevra alanları,
- Uygun malzeme yükleme ve boşaltma sistemleri,
- Malzeme sınıflarına göre tasnif edilmiş istif yerleri,
- Bina yapısı (temel, çatı, duvarlar, katlar ve sağlamlık),
- Çalışma alanları (ışıklandırma, havalandırma, idari alanlar, haberleşme imkânları),
- Depolama alanlarının mimari yapısı, istif ve elleçleme ekipmanları, depo kapasiteleri, depo içi trafik düzeni,
- Depodaki malzemelerin envanter yönetim, nem ve sıcaklık kontrol, muayene, test ve kontrol sistemi,

- Depo bilgi teknolojileri altyapısı.

Depolardaki kayıp nedenleri: Herhangi bir depodaki malzemelerin bozulması ve işe yaramaz hale gelmesinin başlıca nedenlerini şöyle sıralayabiliriz [82]:

- Malzemelerin gözetim ve periyodik bakımlarının zamanında yapılmaması,
- Hırsızlık veya ihmal,
- Nakliyedeki hasarlar (hatalı yükleme, araç sürüş ve boşaltma),
- Hatalı paketleme,
- Depoda hatalı istifleme,
- Uygun olmayan ortam koşullarında muhafaza,
- Afetler neticesinde yaşanan kayıplar.

Raporlama: Depoda muhafaza edilen malzemelerin kontrolü, izlenmesi ve takip edilebilmesi için periyodik aralıklarla raporlama yapılmalıdır. Lojistik süreç ve operasyonlardaki destek sürecine yapılan her türlü işlem ve malzeme giriş çıkışları rapor haline getirilmelidir. Hazırlanan raporlardan elde edilen veriler ışığında [82];

- Aksaklıklar tespit edilmelidir,
- Geliştirilmesi gereken yönler belirtilmelidir,
- Uygun olan müdahale yöntemi belirlenmelidir.

İnsan kaynaklarının geliştirilmesi ve tatbikatlar: Konu ile ilgili tüm personelin afete hazırlık ve müdahale zamanında tespit edilen veya yeni gelişmelerin sonucunda belirlenen eğitim ihtiyacı için hizmet içi eğitimler yapılmalıdır. Afetlerin nerede, ne zaman ve etkilerinin ne şekilde olacağını tam olarak bilinmemesi nedeni afete öncesinde yapılan tüm planlar tamamıyla uygulanamayabilir. Bu nedenle; afete müdahale esnasında uzmanlık alanına uygun sayıda personel bulunmayabilir. Özellikle afet lojistiği müdahalelerinde görev alan personel en fazla faydanın sağlanacağı şekilde farklı uzmanlık alanlarında eğitilmelidir. Afetler hazırlıklı olmanın ve hızlı müdahalenin en önemli eğitimi tatbikatlardır. Özellikle alarm verilmesinden depolardan araçların çıkartılmasına kadar olan süre ile afet bölgesinde

aracın boşaltılması ve dağıtım süresi kritiktir. Bu aşamalar için aynı anda birkaç depoyu ve dağıtım merkezini kapsayacak şekilde yılda bir veya iki kez tatbikatlar yapılmalı, kayda alınmalı ve ideal düzeye gelinmelidir [82].

2.10.2. Afet müdahale süreci

Ön değerlendirme ve ihtiyaç tespiti: Afet anında bölgeden ve afet öncü ekiplerinden alınan bilgiler doğrultusunda ön değerlendirme yapılır. Afet öncesinde yapılan planlar ve hazırlıklar ile afet anındaki ön değerlendirme neticesinde, afet müdahale ve yardımlar sürecinde talep edilen malzemelerin afet bölgesine en uygun zamanda ve doğru miktarda ulaştırılması, insan kaynaklarının bölgeye ulaştırılması, düzenli ve doğru bilgi akışı ile sağlanır. Ön değerlendirme yapılırken afet anındaki aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır [82];

- Havayolları, limanlar, demiryolları ve karayollarının durumları ve kapasiteleri,
- Organizasyonun kendi imkânları haricinkide depolama imkânları ve kapasiteleri,
- Depoların ulaşım imkânları,
- İhtiyaç duyulabilecek malzemelerin yerel pazarda bulunabilirliği,
- Afetin büyüklüğüne bağlı olarak yurt dışından gelebilecek malzemelerin gümrük işlemleri için en yakın gümrük noktaları belirlenir. Bu çerçevede afet lojistik komuta merkezi gerekli kararları alır ve uygular.

Lojistik eylem planı yapılması ve uygulanması: Afet öncesi hazırlık safhasında yapılan planlar, ön değerlendirmede mevcut durum kriterleri dikkate alınarak yeniden değerlendirilir. Elde edilen bilgiler ışığında lojistik operasyon planı yapılarak hareket tarzı belirlenir. Hazırlanacak olan lojistik eylem planında [82];

- Afet müdahale sürecinde ortaya çıkabilecek yardım ekiplerine en fazla desteğin sağlanması,

- Yardım sürecinde ortaya çıkabilecek yardım malzemesi ihtiyacı önceden belirlenmiş tedarikçi firmalarla temasa geçilip en uygun şekilde malzemelerin temini,
- Afetin meydana geldiği bölge göz önüne alınarak malzeme ve insan kaynaklarının bölgeye en uygun ulaşım şeklinin belirlenmesi,
- Kurumun araç filosu ile nakliyenin sağlanması, yeterli değilse kurum dışı imkânların devreye sokulması,
- Yapılan her sevkiyatın en hızlı ve güvenli bir şekilde sağlanması, her aşamada malzemeyi bekleyen ekip görevlilerine ve Kriz Yönetim Merkezine bilgi verilmesi,
- Depolamanın bölgesel mi yoksa yerel mi yapılacağına karar verilmesi.

Afete hazırlık döneminde yapılan planlar, ön değerlendirmede elde edilen bilgiler ışığında yapılan lojistik operasyon planı şeklinde uygulamaya konulur ve afet müdahalesi gerçekleştirilir. Belirlenen harekât tarzı doğrultusunda mevcut malzeme, personel ve donanım afet bölgesine sevk edilir. İhtiyaç duyulan malzeme, donanım ve hizmet tespit edilen tedarikçilerden prosedürlere uygun olarak temin edilir. Malzemelerin yüklenmesi, ileri toplanma bölgelerine ve nihai noktalara sevk edilmesi için nakliyesi gerçekleştirilir. Depolar afete müdahale kuralları çerçevesinde sevk ve idare edilir. Afet bölgesindeki dağıtım merkezleri prosedürlere uygun olarak yönetilir. Bu noktada dış kaynak kuruluşları ile yapılan sözleşmelerin içeriğinin iyi belirlenmiş olması gerekir. İlk müdahalenin tamamlanmasının ardından devam eden müdahale sürecinde; gelen talepler doğrultusunda malzeme sevkiyatı devam etmekte iken, uygun araçların belirlenmesi, sevkiyatın kontrolü ve afet bölgesine gönderilen malzemenin depolanmasıdır [82].

2.10.3. Müdahale sonrası

Planlama: Afet müdahale faaliyetlerinin sona ermesiyle afet bölgesinde müdahale ekiplerinin yerini, afet yardım malzemesi toplama ve bakım ekipleri almaktadırlar. Söz konusu ekipler alanda bulunan afet malzemelerinin toplanması, bakımlarının yapılması ve depolara sevk edilmesinden sorumlu olup afet bölgesinde yerlerini

aldıktan sonra öncelikle malzeme toplama ve bakım faaliyetlerini planlamalıdır. Söz konusu planların yapılabilmesi için aşağıdaki bazı verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veriler aşağıdaki gibidir [82].

- Afet bölgesinde dağıtımı yapılan malzemelerin istatistiksel bilgileri,
- Malzeme toplanacak bölgeye ilişkin veriler,
- Malzeme toplanacak noktaların belirlenmesi,
- Malzeme toplama ve bakımında görevlendirilecek personel, araç, gereç ve donanım.

Malzeme toplama ve bakım faaliyetleri: Toplama ve bakım işlemlerinin en kısa sürede ve ekonomik olarak yapılmasını sağlamak amacı ile lojistik birimince oluşturulan afet malzeme toplama ve bakım ekibi tarafından yapılan planlama uygulamaya konularak [82]

- Oluşturulan ekibin araç, gereç, donanım, personel ihtiyaçları karşılanır,
- Bölgedeki afet malzemeleri toplanır,
- Toplanan malzemeler kullanılabilir durumda olanlar ve olmayanlar olarak tasnif edilir,
- Kullanılabilir durumda olan malzemelerden bakıma ihtiyacı olanlar mümkünse olay yerinde, mümkün değilse en yakın bakım yapılabilir noktada bakımları yapılarak tekrardan kullanıma sunulur.

İzleme, değerlendirme ve raporlama: Afet müdahale sürecinde, Müdahale Ekipleri ile “Afet Malzeme Toplama ve Bakım Ekibi”nin faaliyetleri, mümkün ise söz konusu faaliyetlerin uygulayıcısı olmayan bağımsız bir grup gözlemci tarafından izlenir, değerlendirilir ve raporlanır. Yapılan raporlama ve değerlendirme sayesinde; faaliyetlerde doğru yapılanlar ve yaşanan aksaklıklar, yaşanan olumsuzluklarla başa çıkma yolları ve ihtiyaçlar tespit edilerek daha sonraki faaliyetler için yönlendirici sonuçlar elde edilir. Yapılan bu raporlama ve değerlendirme neticesinde yeni stratejiler geliştirilir. Basit ve anlaşılır şekilde özetlemek gerekirse afet lojistiğinin düzgün bir şekilde yapılabilmesi için [82]

- Doğru malzemeyi
- Doğru kişiye
- Doğru miktarda
- Doğru şekilde
- Doğru zamanda ve
- Doğru yerde ulaştırabilmek gerekir.

Bunlar ancak ve ancak planlı ve programlı bir şekilde yapılabilecek faaliyetlerdir. Gelişmekte olan ekonomisi ve bölgesinde artan siyasi etkisi çerçevesinde Türkiye'de atılması gereken adımların daha çok olduğu alanların başında afet lojistiği gelmektedir. Çünkü bu konu en yetkili merciler tarafından göz ardı edilen bir konu olarak göze çarpmaktadır. Şöyle ki; 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun kapsamında Lojistik kavramından sadece bir yerde bahsedilmektedir. O da doğru yerde değildir. Çok yakın zamana kadar AFAD tarafından açıklanan Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı 2023'te de yine Afet Lojistiğinden hiç bahsedilmemiştir. Yine Türk Kızılay'ı 2010-2015 Stratejik eylem planında ise sadece tek cümlede lojistik kelimesi geçmektedir. Yukarıda bahsedildiği ve ilerleyen bölümlerde İstanbul ölçekli (Yerel Yönetimler) yapılan araştırmadan da görüleceği üzere Türkiye'de, hala afetlerin zararlarının önceden yapılacak planlama ile azaltılmasına yönelik çalışmalardan çok gerçekleşen afetlere müdahale ve arama kurtarma eksenli uygulamalar gerçekleşmektedir. Yaşanan en küçük afetlerde bile ciddi anlamda can kayıplarının ve kaynak kaybının yaşanıyor olmasının temel gerekçeleri;

- Hızla artan, plansız yerleşim yerleri ve yoğun nüfus artışı dağılımı,
- Yetersiz ve zayıf mekânsal planlama anlayışı,
- Denetimsiz yapılaşma
- Eksik ve yetersiz afet ve acil durum hazırlıkları,
- Kanun ve yönetmeliklerin uygulanması ve denetimindeki zafiyetler,
- Toplumsal anlamda yetersiz afet bilinci

olarak sıralanabilir. Hepsinden önemlisi planlamaya ülkemizde fazla değer verilmemesi ve planlama çalışmalarının çoğu zaman değersiz ve vakit kaybı olarak görülmesidir. Ayrıca plan ve hazırlık yapmanın tüm karar verici merciler tarafından geri dönüşü olmayan bir hareket olarak algılanması sonucunda bu konuda gerekli hazırlıkların ve yatırımların yapılamamasına neden olmuştur [82].

2.11. İnsani Yardım Lojistiği

İnsanları etkileyen afet ve acil durumlarda insani yardım malzemelerinin lojistiğine İnsani Yardım Lojistiği (Humanitarian Logistics) adı verilmektedir. İnsani Yardım Lojistiği'nde önemli olan;

- Doğru Malzemeyi,
- Doğru Kişiye,
- Doğru Miktarda,
- Doğru Şekilde,
- Doğru Zamanda ve
- Doğru Yerde

ulaştırabilmektedir [82]. Lojistiğin yedi doğrusunda olan Doğru Maliyet terimi özellikle afet anında uygulanan insani yardım lojistiğinde söz konusu değildir. İnsani Yardım Lojistiğinin; afet yönetiminin hazırlık, müdahale, iyileştirme ve yeniden kurma aşamaları ile paralellik göstererek uygulanması gerekmektedir. Aşağıda insani yardım lojistiği kapsamında gerçekleştirilmesi gereken faaliyetler belirtilmektedir:

- Afet ve acil durumlar çeşitlidir. Bu çerçevede Ülke, bölge, kent ve ilçe bazında tehlike olasılığına göre kaybedilecek değerleri oluşturan risklerin ve şiddetinin dinamik senaryolar bazında hesaplanması, belirsizliklerin mümkün olduğunca belirli hale getirilmesi,
- Risk ve şiddete göre etkilenecek insan sayısı ve özellikleri ile gereksinim duyulacak can ve mal kurtarma, sağlık, iye, ibate, güvenlik, mal ve çevre

- koruma, sosyal ve psikolojik destek yardım malzemesi miktarlarının mevsimsel özelliklere ve zamana (1.saat, 3.saat, 24.saat, 1.hafta, 1.ay, vb.) göre belirlenmesi,
- Yardım malzemelerinin (medikal çanta, kişisel ihtiyaç, anestezi seti, vb.) mümkün olduğunca standardize edilmesi, tedarik kaynaklarının, temin şekli ve sürelerinin belirlenmesi,
 - Gereksinim duyulacak yardım malzemelerinin özellik ve miktarlarına göre depo yer, özellik (fiziki koşullar) ve büyüklüklerinin matematiksel model ile belirlenmesi, depoların afetten etkilenmeyecek ve afete yanıt hızının en yüksek düzeyde olmasını sağlayacak yerlerde olmasına dikkat edilmesi,
 - Afet bölgelerinin hangi malzemenin hangi depodan hangi sırayla besleneceğinin belirlenmesi,
 - Afet bölgesine; herkesin, her türlü yardımı göndermesi karmaşıklığının giderilmesi, yardımların; öncelikle belirli sırayla belirli depolarda toplanması, tasnif edilmesi ve zamanı geldiğinde gönderilmesine yönelik bağış ve kaynak yönetim sisteminin oluşturulması,
 - Bölgenin özelliklerine göre taşımacılık zincirinin, havalimanı ve gümrük noktalarının, araç yükleme planlarının belirlenmesi, duruma göre özel amaçlı taşıma araçlarının (helikopter gibi) kullanılması,
 - Erken uyarı sisteminin lojistik sistem ile entegrasyonu,
 - Hızlı ve doğru kayıp ve hasar tespiti ile lojistik önceliklerin belirlenmesi,
 - Depo ve taşımada güvenliğin sağlanması,
 - İlk müdahalede gerekecek çadır, battaniye, yatak vb. malzeme gereksinim miktarlarının bilimsel yöntemlerle belirlenerek bölgesel afet lojistik depolarının itme esaslı ilkelere göre oluşturulması,
 - Gereken noktada, gereken zaman ve miktarda yardım malzemesi dağıtımını ihtiyaç noktalarına yakın geçici dağıtım merkezleri yoluyla sağlayacak şekilde mümkün olduğunca çekme esaslı tedarik zincirinin (tedarik ağının) oluşturulması,
 - Operasyon, araç, kap ve dayanıklı tüketim malzemelerin izlenmesi, öngörülemeyen gelişmelere göre hızlı önlemler alınması için mümkün olduğunca ortak iletişim standartları, ortak yardım gereksinim portalı, coğrafi bilgi sistemleri ve kablosuz bilişim teknolojilerinin kullanılması,

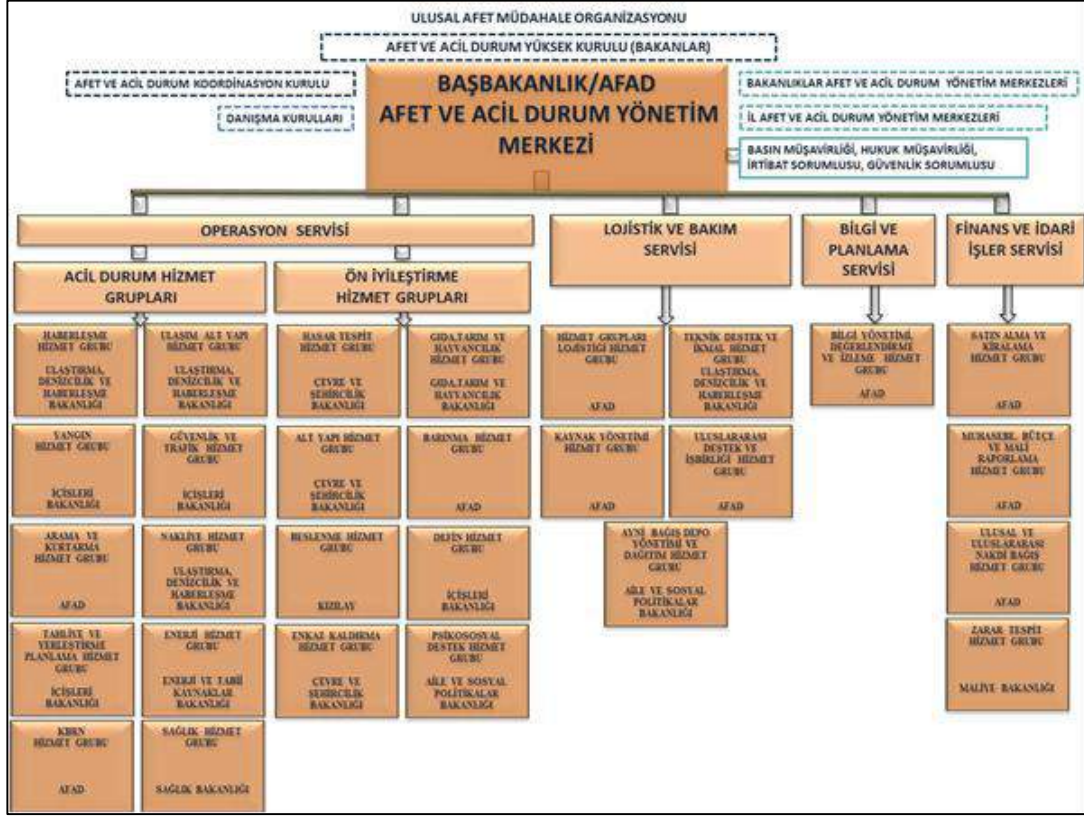
- Barınma, Çöp Toplama, Dezenfeksiyon vb. standartların bölge özelliklerine göre belirlenmesi,
- Bölge ve bölge dışındaki insan gücü ve altyapı kaynaklarının etkin kullanılması, iletişim ve koordinasyonunun sağlanması,
- Gerçekleştirilecek faaliyetlere göre akredite edilmiş kuruluşların ve uzman lojistik takımların oluşturulması,
- Lojistik sektörden uzmanlıklarına göre destek alma yönetim sisteminin geliştirilmesi (soğuk zincir, gıda, atık, moloz, vb.),
- Lojistik takımlar arası koordinasyonun sağlanması,
- Kurulmakta olan lojistik köy/merkezlerin İnsani Yardım Lojistiği açısından bakılarak tasarlanması ve ruhsatlandırılması, bu merkezler içinde bir afet lojistik alt yapısının oluşturulması,
- Afet lojistiğine ilişkin tüm istatistiki verilerin toplanması ve değerlendirilmek üzere muhafazası [82].

2.12. Türkiye’de Afet Lojistik Yönetim Sistemi

Ülkemizde afet müdahalesi, Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Başkanlığı başkanlığında ilgili kurum ve kuruluşlar ile belirlenen ‘Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)’ doğrultusunda yürütülmektedir. TAMP’ın amacı; afet ve acil durumlara ilişkin müdahale çalışmalarında görev alacak hizmet grupları ve koordinasyon birimlerine ait rolleri ve sorumlulukları tanımlamak, afet öncesi, sırası ve sonrasındaki müdahale planlamasının temel prensiplerini belirlemektir. TAMP, ülkemizde yaşanabilecek her tür ve ölçekte, afet ve acil durumlara müdahalede görev alacak, bakanlık, kurum ve kuruluşlar, özel kuruluşlar, Sivil toplum kuruluşları ve gerçek kişileri kapsamaktadır [2].

TAMP’ın yapısı şu şekilde özetlenebilir: planlar stratejik, taktik ve operasyonel düzeyde gerçekleştirilmektedir. Stratejik planlar, kurum ve kuruluşların orta ve uzun vadeli amaçlarını, temel ilke ve politikalarını, hedef ve önceliklerini, performans ölçütlerini, hedeflerine ulaşabilmek için izlenecek eylem ve yöntemler ile kaynak dağılımını içerir. Taktik planlar; rolleri, sorumlulukları, görevleri tanımlar ve hizmet

gruplarının yapacakları çalışmalar ile eylemleri ifade eder. Operasyonel planlarda ise personel, ekipman ve kaynak yönetimi gibi detaylar yer alır [2].



Şekil 2.16. Ulusal afet müdahale organizasyon şeması [2]

Lojistik ve Bakım Servisi beş alt gruptan oluşmaktadır. Bunlar; hizmet grupları lojistiği, aynı bağış depo yönetimi ve dağıtım hizmetleri, teknik destek ve ikmal, uluslararası destek ve işbirliği ve kaynak yönetimidir [2].

Lojistik planlama ve işbirliği amaçlı 15 bölge oluşturulmuştur. Müdahale planlamasında afet seviyeleri 1'den 4'e kadar artan şekilde belirlenmiştir. Eğer oluşan afetin seviyesi AFAD tarafından 2, 3 veya 4 olarak ilan edildiyse; "Minimum 72, Maksimum 120 saat" kendi kendine yetecek şekilde personel, araç, gereç ile sosyal (Barınma, beslenme, hijyen malzemesi vb.) ve ofis ihtiyaçlarını karşılayacaklardır. Belirtilen süre aşımında veya çalışma süresi içinde ortaya çıkabilecek ilave ihtiyaçlar Hizmet Grupları Lojistiği Hizmet Grubu tarafından

sağlanacaktır. Dolayısıyla her hizmet grubu afetlere hazırlık kapsamında kendi lojistik planlamasını önceden yapacaktır, gerekiyorsa kapasite oluşturacaktır [2].



Şekil 2.17. Lojistik bölge haritası [2]

BÖLÜM 3. ARAŞTIRMA PROBLEMİ

3.1. Problem

Afet yönetiminin en önemli aşamalarından biri de lojistik faaliyetlerdir. Afet oluşmadan önce depolarda stoğu tutulan malzemelerin afet olduğu andan itibaren en hızlı şekilde etkilenen bölgeye ulaştırılması gerekmektedir. Afete cevap aşamasında en önemli kriter hız faktörüdür. Ülkemizde afet lojistik merkezleri açılarak hizmete sokulmuş fakat desteğin sağlanacağı rotalar belirlenmemiştir.

Afet lojistiği çalışmalarının klasik lojistik çalışmalarından en önemli farkı en kısa sürede talep bölgesine cevap sağlamaktır. Problem "Afet Lojistik Yönetim Sistemlerinin İncelenmesi ve Yeni Model Tasarımı"dır.

Çalışmada AFAD tarafından kurulumu tamamlanmış olan 22 Afet Lojistik Merkezi'nden afet bölgelerine acil yardım malzemelerinin en kısa sürede taşınması üzerine bir model geliştirilmiştir. Bu sebeple mevcut rotalar karşılaştırılarak içlerinden en kısa sürede ulaşımı sağlayacak rotayı belirleyecek modelin tasarımıdır.

3.2. Çalışmanın Amacı

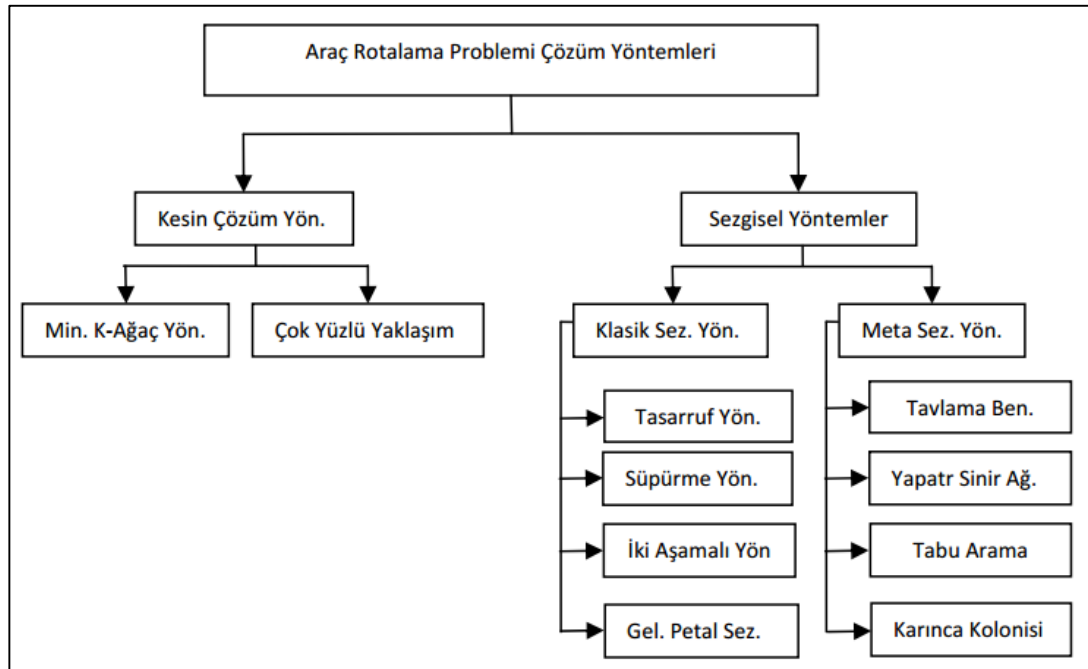
Ülkemizdeki 81 il çeşitli afetlere yıl boyunca maruz kalmakta maddi ve manevi kayıplar yaşanmaktadır. Bu afetlere lojistik destek sağlamak için 22 ilimizde büyük çaplı depolar kurulmuş olmakla birlikte illerin kendi depoları da bulunmaktadır. Ancak, AFAD ve İl Afet ve Acil Durum Müdürlükleri'nin depolardan malzeme taşınması için kullanılacak rotaların belirlendiği bir modeli bulunmamaktadır. Çalışma en kısa sürede ulaşımı sağlayacak olan rotayı belirlemeyi amaçlamıştır.

3.3. Çalışmanın Önemi

Afet yönetimi ve afet lojistiği ile ilgili literatür incelendiği zaman çalışma alanının depo yeri seçimi, bilgi sistemleri yönetimi gibi konularda yoğunlaştığı görülmektedir. Afet yardım malzemelerinin dağıtım rotalarının belirlenmesi üzerine ülkemizde geliştirilmiş bir model ya da çalışma bulunmamaktadır. Yapılan çalışma bu alanda literatürün gelişmesine katkı sağlayacaktır. Afet yönetimi ve Acil Durum Lojistiği konularında yapılacak olan çalışmalarda yararlanılabilecek bir kaynak olacaktır.

3.4. Çalışmanın Yöntemi

Araç rotalama problemini çözmek için araştırmacılar tarafından pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bu çözüm yöntemleri optimal çözüme ulaşip ulaşmamasına göre kesin çözüm yöntemleri ve sezgisel yöntemler olarak ikiye ayrılır. Araç rotalama problemi için kullanılan başlıca çözüm yöntemleri Şekil 3.1’de gösterilmektedir [83].



Şekil 3.1. Araç rotalama problemi çözüm yöntemleri [83]

Çalışmamızda bahsi geçen problem için Karınca Kolonisi Algoritması ve Arı Kolonisi Algoritması kullanılarak elde edilen sonuçlar kıyaslanarak en uygun yöntem önerilmiştir. Çalışmada klasik çözüm yöntemleri yerine metasezgisel yöntemlerin kullanılma sebebi karmaşık ve çözüm süreci uzun süren problemlere optimale yakın sonucu daha kısa hesap sürelerinde sağlayabilmektir. Klasik yöntemler optimal çözüm garantisi verse de çözümleri uzun zaman almaktadır. Sezgisel yöntemler optimallik garantisi vermeseler de optimale yakın sonucu klasik yöntemlere göre daha kısa sürede elde edebilmektedirler.

3.5. Matematiksel Model

Afet lojistiği literatürü incelendiği zaman çalışmalar depo yeri ve depo içeriğinin belirlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak 2014 yılsonu itibariyle AFAD tarafından inşası tamamlanan ve hizmete giren 22 depo sayesinde depo yeri seçim süreci tamamlanmıştır. Bu aşamadan sonra gerekli depolardan afet noktalarına malzemelerin en kısa sürede nasıl taşınacağı problemi karşımıza çıkmaktadır.

Literatürde, malzeme taşınması konusunda da bir takım çözümler geliştirilen modeller mevcuttur. Önerdiğimiz modelin diğer çalışmalardan en büyük farkı, tedarik sağlanacağı depo yerlerinin belirli olmasıdır.

Problem, mevcut 22 depodan 81 ile yapılacak olan dağıtımı belirleyecek olan ulaştırma modelinin geliştirilmesidir.

m = depo sayısı, n = il sayısı

Karar değişkenleri: x_{ij} , i. depo ile j. il arası gidiş

c_{ij} , i. depo ile j. il arası mesafe

a_i , $i=1,2,\dots,m$ her bir deponun kapasitesi

b_i , $i=1,2,\dots,n$ her bir depodan talep edilen malzeme miktarı

Amaç fonksiyonu, afet bölgesine en kısa sürede ulaşmak hedeflendiği için Z_{min} olarak belirtilmiştir (Denklem 3.1).

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (3.1)$$

Depolardaki mevcut kapasite durumuna göre hangi depodan hangi ile ne kadar malzeme taşınacağı ile ilgili kapasite kısıtı belirlenmiştir (Denklem 3.2).

Kapasite/Sunum kısıtı

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i \quad \text{i. depodan etkilenen her bir ile dağıtım} \quad (3.2)$$

$i = 1, 2, \dots, m$
 $j = 1, 2, \dots, n$

Olası afet durumlarında illerden gelen etkilenen kişi sayısına göre talep miktarı kısıtı belirlenmiştir (Denklem 3.3).

Talep (Etkilenen) kısıtı

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq b_j \quad \text{j. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri} \quad (3.3)$$

$i = 1, 2, \dots, m$
 $j = 1, 2, \dots, n$

Problem yapısı gereği birçok kısıt barındırmaktadır. Her hangi bir afet durumunda ulaşım yollarında meydana gelebilecek hasar sebebiyle rota değişiklikleri yaşanabilecektir. Kullanılan mevcut araçlar şehir içi ulaşımına uygun olmayabilir. Bu gibi kısıtların da problem dâhil olmasıyla klasik yöntemler ile probleme çözüm aramak zorlaşmaktadır. Ayrıca problemde her bir ile her bir depodan yardım gidebilmektedir. Böyle yapıya sahip bir problem ulaştırma modeli vasıtasıyla çözülememektedir. Bu sebeple problem çözümüne sezgisel tekniklerle ulaşılması

önerilmiştir. Problem çözümü için sezgisel teknikler yerel minimum ve maksimum noktalara takıldıkları için daha iyi olan çözümün kaybedilmesine engel olmak adına metasezgisel yaklaşımlar kullanılacaktır. Metasezgisel tekniklerden olan Karınca Koloni Algoritması ve Yapay Arı Koloni Algoritması kıyaslanarak problem çözümü analiz edilecektir.

3.6. Sezgisel (Heuristik) Teknikler

Sezgisel kelimesi Türkçe literatürde “Sezgisel” olarak kullanılmakla birlikte yabancı literatürde “Heuristic” olarak kullanılmaktadır. Heuristic, “heuriskein” fiilinden türetilmiştir. Bu fiil keşfetmek, bulmak anlamına gelmektedir. Sezgisel tekniklerin hiç birisi tam anlamıyla kesin çözümü bulduğunu iddia edemez. Sezgisel teknikler sadece en iyi çözümü elde etmeye çalışan tekniklerdir [84].

Sezgisel algoritmalar, herhangi bir amacı gerçekleştirmek veya hedefe varmak için doğal fenomenlerden esinlenen algoritmalarlardır. Bu algoritmaların, çözüm uzayında optimum çözüme yakınsaması ispat edilememektedir. Yani sezgisel algoritmalar yakınsama özelliğine sahip olmaktadır, ama kesin çözümü garanti edememektedir ve bu kesin çözümün yakınlarında bir çözüm garanti edebilmektedir. Anlaşılabilirlik yönünden sezgisel algoritmaların karar verici açısından çok daha basit olabilmesinden, optimizasyon problemlerinin kesin çözümü bulma işleminin tanımlanamadığı bir yapıya sahip olmasından ve öğrenme amaçlı ve kesin çözümü bulma işleminin bir parçası olarak kullanılabilirliğinden sezgisel algoritmalara ihtiyaç duyulmaktadır [85].

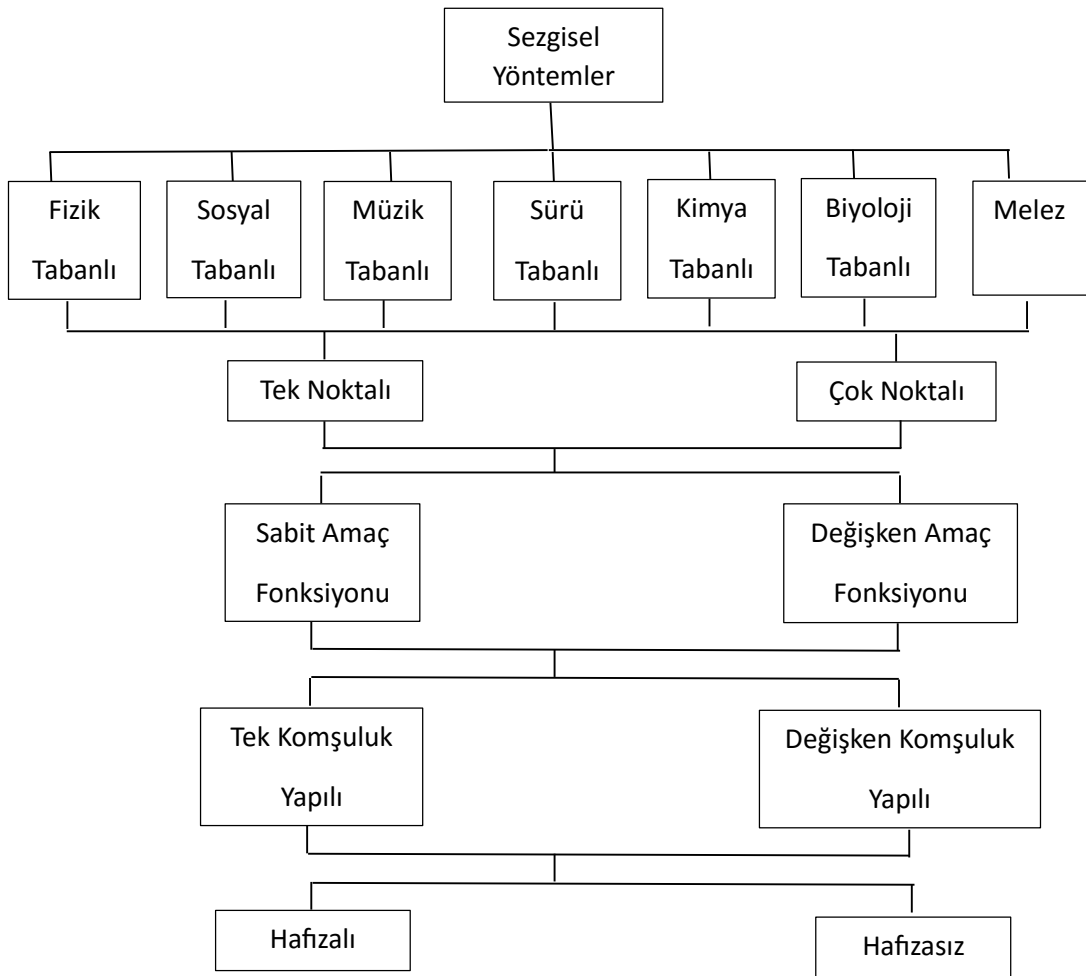
Sezgisel problem çözümü yaklaşımı aşağıdaki gibidir [86]:

1. Mümkün olabilecek durumlar içerisinde herhangi birisinin ele alınması.
2. Ele alınmış duruma mümkün gidişler uygulayarak durumun değiştirilmesi.
3. Durumun değerlendirilmesi.
4. Gereksiz durumların atılması.

5. Eğer sonuca ulaşılmışsa çözümün tamamlanması, aksi halde yeni değer ele alınarak işlemlerin tekrarlanması.

Algoritmik yaklaşımda 1-3-5. adımlar kullanılmamaktadır.

Genel amaçlı sezgisel yöntemler; biyoloji tabanlı, fizik tabanlı, sürü tabanlı, sosyal tabanlı, müzik tabanlı ve kimya tabanlı olmak üzere altı farklı grupta değerlendirilmektedir. Ayrıca bunların birleşimi olan melez yöntemler de vardır [85].



Şekil 3.2. Sezgisel Yöntemler [85]

Sezgisel tekniklerin birden fazla olmasının nedeni her bir çözüm yönteminin kendine özgü çözüm metotlarının olmasıdır. Sezgisel tekniklerde kullanılan çözüm yöntemlerinin bazılarında sürekli optimizasyon bazılarında ise kesikli optimizasyon

kullanılmaktadır. Problem çözüm sürecinde problem yapısına bağılı olarak sürekli ve kesikli olmak üzere iki optimizasyon tekniğı vardır. Kesikli optimizasyonda tam sayılı değerler, sürekli optimizasyonda tam sayılı olmayan değerler de yer alır. Sezgisel yöntemde kullanılan amaç fonksiyonu problemin yapısına bağılı olarak sabit amaç fonksiyonu veya değişken amaç fonksiyonu şeklinde olabilir. Aynı şekilde sezgisel tekniklerde kullanılan algoritmalarda komşuluk yapısı tek komşuluk yapısı ya da değişken komşuluk yapısı şeklinde olabilir. Bir diğer husus ise kullanılan hafıza tipidir. Tekniğe göre değişkenlik göstermekle birlikte kullanılan algoritmaya bağılı olarak süreçte hafıza olabilir veya olmayabilir. Bu tür durumlara kullanıcının kendisi ihtiyaçları doğrultusunda karar vermek durumundadır [84].

3.7. Metasezgisel Yöntemler

Birçok eniyileme problemi için en uygun çözümün makul bir zaman diliminde elde edilmesi söz konusu değildir. Metasezgisel yöntemler, karmaşık eniyileme problemlerine etkin çözümler üretebilmek için kullanılan yaklaşık algoritmalarıdır. Günümüzde metasezgisel yöntemler, mühendislik, endüstri, işletme gibi birçok farklı alandaki karmaşık eniyileme problemlerinin çözümünde başarı ile uygulanmaktadır [87].

Metasezgisel kavramı, ismini Yunanca'da bulmak anlamına gelen "heuriskein" ile üst seviye yöntembilim anlamına gelen "meta" sözcüklerinin birleşiminden almaktadır. Metasezgisel yöntemler, sezgisel yöntemleri üst seviyede birleştirerek, arama uzayını etkin ve verimli bir şekilde incelemeyi amaçlar. Bu yöntemler, her zaman küresel en iyi çözümün bulunmasını garantileyemeseler de, büyük ölçekli ve karmaşık problemlere etkin çözümler üretebildikleri için oldukça kullanışlı olmaktadır [87].

Metasezgisel yöntemler, arama sürecine rehberlik eden yaklaşımlardır. En uygun ya da en uyguna yakın çözümlerin elde edilebilmesi için arama uzayının etkin bir biçimde incelenmesi amaçlanır. Metasezgisel yöntemler, basit yerel arama yöntemlerinden karmaşık öğrenme süreçlerine kadar birçok farklı teknikten

oluşmaktadır. Metasezgisel algoritmalar, arama uzayının belirli bir alanına takılı kalmayı önlemek amacıyla çeşitli teknikler içerebilmektedir. Metasezgisel algoritmalar, probleme özgü değildir [87].

Literatürde bölgesel optimizasyon yöntemleri olarak da geçen klasik sezgisel yöntemlerde çözüm uzayında arama, belirlenen komşuluk yapısı ile daha iyi bir komşu çözüm bulunamadığı durumda sonlandırılmaktadır. Bu sebeple bu yöntemler lokal minimum noktalara takılmakta ve arama stratejisi kör bir şekilde uygulanmaktadır. Metasezgisel yöntemler ise lokal minimum noktalardan kurtulmak için daha kötü çözümlerin de kabul edildiği global optimizasyon yöntemleridir. Metasezgisel yöntemlerde arama, çözüm uzayının en umut verici noktalarında yapılmakta ve süreç, algoritma içine gömülü bir arama stratejisiyle yönetilmektedir. Bu yöntemlerin en büyük dezavantajı ise durdurma kriterinin doğal olarak algoritma içinde bulunmayışı, başka bir deyişle algoritmanın ne zaman duracağını bilmemesidir [88].

Metasezgisel yöntemlerin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [89].

- Metasezgiseller, arama sürecine rehberlik eden stratejilerdir.
- Amaç, en iyi yada en iyiye yakın çözümleri bulmak için arama uzayını hızlı bir şekilde araştırmaktır.
- Metasezgiseller, basit yerel arama algoritmalarından karmaşık öğrenme proseslerine kadar geniş bir yelpazeyi içermektedir.
- Metasezgiseller, yaklaşık algoritmalar ve genellikle deterministik değildir.
- Arama uzayındaki yerel en iyi tuzaklardan kurtulmak için çeşitli mekanizmaları kullanırlar.
- Metasezgiseller, probleme özgü değildirler.
- Metasezgiseller, üst seviye stratejiler tarafından kontrol edilen sezgisellerde probleme özgü bilgi kullanımına izin verirler.
- İleri seviye metasezgiseller, aramaya rehberlik etmesi amacıyla arama sırasında elde edilen bilgiyi (hafızayı) kullanırlar.

- Kısacası, metasezgiseller, farklı metodlar ile arama uzayının araştırılması için yüksek seviye stratejilerdir.

Metasezgisellerin en önemli özelliği; çeşitlendirme (diversification) ve yoğunlaşma (intensification) arasındaki dinamik dengeyi oluşturmasıdır. Çeşitlendirme; arama uzayında araştırmadır, yoğunlaşma; arama sırasında elde edilen tecrübenin (bilginin) işletilmesidir.

Metasezgisel yöntemler, yerel arama, benzetilmiş tavlama, tabu arama, genetik algoritmalar, evrimsel hesaplama, karınca kolonisi eniyilemesi gibi birçok farklı yöntemden oluşmaktadır. Bu yöntemler, farklı yönler göz önünde bulundurularak çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Temel olarak metasezgisel yöntemler, doğadan esinlenen ve doğadan esinlenmeyen yöntemler, dinamik ve statik amaç fonksiyonuna sahip yöntemler, bir komşuluk yapısına ve değişken komşuluk yapısına sahip yöntemler, hafıza kullanan ve kullanmayan yöntemler ve tek çözüme dayalı ya da toplum tabanlı metasezgisel yöntemler olarak sınıflandırılabilir [87].

Doğadan esinlenen metasezgisel yöntemler, doğada gerçekleşen bir olayı modelleyerek, kombinatoriyal eniyileme problemlerine uygun çözümler getirmeyi amaçlamaktadır. Karınca kolonisi eniyilemesi, benzetilmiş tavlama ve genetik algoritmalar, en bilinen doğadan esinlenen metasezgisel yöntemler arasındadır. Tabu arama ve yinelemeli yerel arama ise doğadan esinlenmeyen metasezgisel yöntemler arasında yer almaktadır. Dinamik amaç fonksiyonuna sahip metasezgisel yöntemlerde ise arama sırasında amaç fonksiyonunun dinamik olarak değiştirilebilmesi ile aramanın yerel en iyiye takılması engellenmeye çalışılmaktadır. Metasezgisel yöntemlerin komşuluk yapılarına göre sınıflandırılması ise bir diğer sınıflandırma ölçütüdür.

Metasezgisel yöntemlerin, büyük bir çoğunluğu bir komşuluk yapısına sahip yöntemler iken, bazı metasezgisel yöntemlerde değişken komşuluk yapısı kullanılarak aramanın çeşitliliğinin sağlanması amaçlanmaktadır. Değişken

komşuluk arama algoritması ve yinelemeli yerel arama algoritmaları, değişken komşuluk yapısına sahip yöntemler arasındadır. Metasezgisel yöntemlere ilişkin bir diğer sınıflandırma da, hafıza kullanıp kullanmalarına dayalı olarak gerçekleştirilmektedir. Tabu arama, karınca kolonisi eniyilemesi, genetik algoritma gibi bazı metasezgisel yöntemlerde hafıza kullanılarak arama sürecinde elde edilen uygun sonuçların daha sonraki aramalarda kullanılması sağlanabilmektedir. Bu çalışma kapsamında, metasezgisel yöntemler, arama sürecinde kullanılan çözüm sayılarına dayalı olarak incelenmiştir. Tek çözüme dayalı metasezgisel yöntemler, arama sürecini tek bir çözüm üzerinden gerçekleştirirken, toplum tabanlı metasezgisel yöntemlerde, algoritmanın her bir yinelemesinde bir çözüm kümesi üzerinden ilerlenir [87].

Metasezgiseller [89];

1. Esinlendikleri kaynaklara göre
 - Doğadan esinlenen: Genetik Algoritmalar, Karınca Kolonisi
 - Doğadan esinlenilmeyen: Tabu Arama(Tabu Search)
2. Aramada kullandıkları çözüm sayısına göre
 - Tek çözüme dayalı: Tabu Arama
 - Çözümlerin topluluğuna dayalı: Genetik Algoritma, Karınca Kolonisi
3. Kullanılan amaç fonksiyonuna göre
 - Dinamik amaç fonksiyonu: Yönlendirilmiş Yerel Arama
 - Statik amaç fonksiyonu: Genetik Algoritmalar, Karınca Kolonisi
4. Kullanılan komşuluk yapısına göre
 - Bir komşuluk yapısı: Değişken Komşu Arama dışındaki tüm Metasezgiseller
 - Çeşitli komşuluk yapısı: Değişken Komşu Arama
5. Hafıza kullanımına göre sınıflandırılır
 - Hafıza kullanmayan: Tavlama Benzetimi
 - Hafıza kullanan: Tabu Arama, Genetik Algoritma, Karınca Kolonisi, Kuş Sürüsü olarak sınıflandırılır.

Metasezgisellerin sınıflandırılmasında kullanılan en önemli özellik, arama sırasında aramadan elde edilen geçmiş bilgiyi kullanıp kullanmamasıdır [89].

Tablo 3.1. Metasezgisel yöntemler ve uygulama alanları [87]

Metasezgisel Yöntem	Uygulama Alanları
Benzetilmiş Tavlama	Kümeleme, Kesme ve Paketleme Problemleri, Tesis Yerleşim Düzenlemesi, Karesel Atama Problemi, Kaynak Tahsisi Problemi, Parti Büyüklüğü Belirleme, Ürün Karması Belirleme, Montaj Hattı Dengeleme ve Çizelgeleme, Gezgin Satıcı Problemi, Araç Rotalama, Havayolu Filosu Çizelgeleme, Akış Tipi Çizelgeleme, Finans
Tabu Arama	Atama Problemleri, Kesme ve Paketleme Problemleri, Gruplandırma ve Kümeleme, Çizge Boyama, Çizge Bölmeleme, Yerleşim Düzenlemesi, Karesel Atama Problemi, Ana Dağıtım Üssü Yer Seçimi, Konumlandırma ve Tahsis, Fabrika Yeri Seçimi, Hücre Belirleme ve Tasarlama Problemi, Hücre Çizelgeleme, Süreç ve Parça Seçme, Üretim Planlama ve Çizelgeleme, Ayrıt Rotalama, Çoklu Depolu Araç Rotalama, Araç Rotalama, Akış Tipi Çizelgeleme
Genetik Algoritmalar	Atama Problemleri, Kutu Paketleme, Gruplandırma, Sırt Çantası Problemi, Doğrusal Programlama, Çizge Boyama, Çizge Bölmeleme, Karesel Atama Problemi, Tesis Planlaması, Hücre ve Parça Oluşturma, Hat Dengeleme, Yükleme ve Paketleme, Bakım Planlaması, Üretim ve Süreç Planlama, Güvenilirlik İyileştirme, Okul Otobüsü Yönlendirme, Araç Yönlendirme, Akış Tipi Çizelgeleme, Üretim Atölyesi Çizelgeleme, Sıralama, Zaman Çizelgeleme, Ekonometrik Tahmin, Benzetim Eniyileme, Finansal Planlama

Tablo 3.1. (Devamı)

Evrimsel Programlama	Görüntü İşleme, Çizelgeleme ve Rotalama, Tasarım
Genetik Programlama	Karar Ağaçları, Veri Madenciliği, Biyoenformatik
Karınca Koloni Eniyilemesi	Atama Problemleri, Gezgin Satıcı Problemi, Karenel Atama Problemi, Akış Tipi Çizelgeleme, İş Çizelgeleme, Biyoenformatik, Kümeleme, Rotalama, Çizelgeleme, Veri Madenciliği
Parçacık Sürüsü Eniyilemesi	Atölye Tipi Çizelgeleme, Yapay Sinir Ağları, Kümeleme, Tasarım, Çizelgeleme, Veri Madenciliği, Biyoenformatik

3.8. Tabu Araştırma

Tabu araştırma (TA) tekniği 1986 yılında Fred Glover tarafından geliştirilmiş metasezgisel bir tekniktir. Tabu dokunulması yasak olan ve kutsal olan nesnelere ifade etmek için kullanılan bir terimdir. TA iteratif bir yaklaşımla mümkün olan en iyi çözüme ulaşmaya çalışan bir tekniktir. Bir problem için elde edilen ilk çözüm etrafında arama yapma esasına dayalı bir tekniktir. Komşu aramada, herhangi bir olası çözüm değerinin diğer olası çözüm değerlerinden oluşan komşuları olduğu kabul edilir.

TA algoritmasında yerel minimuma doğru hareket edilerek çözüme başlanır. Burada amaç yerel minimumdan/maksimumdan kaçınarak global minimuma/maksimuma ulaşmaktır. Algoritmada bazı durumlara engel olmak için tabu listeleri tutulur. Tabu araştırmasının temel mantığının buradan geldiği söylenebilir. Çünkü tabunun kelime anlamı yasak anlamına gelmektedir. Algoritmada da yasaklar belirlenerek bu yasakların listesi tutulur.

TA ile elde edilen en iyi çözüm değerini sağlayan hareketler hafızaya alınır. Hafızaya alınan hareketler vasıtasıyla önceki çözüm değerlerinin elde edilmesini sağlayan

hareketler yasaklanır. Başlangıçta amaç, çözüm uzayında çözüm değerleri elde etmek iken yeni çözüm değerleri elde edildikçe yapılan aramayla en iyi çözüm değerine odaklanılmış olur [84]. TA algortimasının işleyişi aşağıdaki gibidir [90].

Başlangıç çözümü oluşturulması: En genel şekilde başlangıç çözümü rastsal olarak elde edilir. Ancak ilgilenilen, problem için geliştirilmiş olan bir sezgisel algortimadan yararlanarak da başlangıç çözümünden elde edilmesi mümkündür.

Hareket Mekanizması: Mevcut bir çözümde yapılan bir değişiklikte yeni bir çözümün elde edilmesi hareket mekanizmasıyla gerçekleştirilir. Hareket mekanizmasındaki olası hareketler, mevcut çözümün komşularını oluşturur.

Komşuluk: Tabu Aramada en önemli bileşenlerden birisi de komşuluk yapısıdır. Çözümü iyileştirmek için amaç fonksiyonun değeri açısından en iyi hareketlerin seçilmesidir. Komşulukların oluşturulmasında seçilen komşuluk üretme yapısına göre problem boyutu n olduğu durumda $(n-1)$ tane komşuluk üretilir.

Hafıza: TA algoritmasının temel elemanlarından biride hafızadır. Arama boyunca ortaya çıkan durumlar, H hafızasına kayıt edilir. Yapılmasına izin verilmeyen hareketler "tabu" olarak adlandırılır ve esnek hafıza içinde "tabu listesi" adı altında kaydedilirler. Bu hareketler belli bir süre sonra tabu listesinden çıkarılır ve yapılmasına izin verilir. İki ayrı hafıza türü bulunmaktadır.

- Yakınlık geçmişe dayalı bellek yapısı (Kısa Dönem Hafıza) (YBY): En temel TA bellek yapısıdır. Esas olarak görevi yakın geçmişte yapılan hareketlerin bir süre için tabu olarak işaretlemektir. Burada kast edilen süre tabu süresi yani çerim sayısıdır. Belirlenen t değeri süre kadar hareket tabu olarak belirlenir ve daha sonra belirlenen hareket tabu olmaktan çıkarılır. Örneğin $t=5$ olacak şekilde statik olarak değer verilebildiği gibi t değeri $\min t$ ve $\max t$ sınırları arasında sistematik veya rastgele seçilebilir.

- Sıklığa dayalı bellek yapısı (Orta ve Uzun Dönem Hafıza) (SBY): Sıklığa dayalı bellek yapısı tamamlayıcı bir özelliğe sahiptir genellikle YBY ile birlikte ikincil bir bellek olarak kullanılır. SBY adından da anlaşılacağı gibi yapılan hareketlerin sıklığını bellekte tutar. Ancak bir hareketin kaç kez yapıldığı bilgisi yerine, çözümün kalitesine ve hareketin etkisine bağlı bilgilerin bellekte tutulması daha faydalı yaklaşımdır. Sıklık ölçütünün dört çeşidi vardır:

1. Her bir hareketin toplam tekrar sayısı
2. Toplam hareket sayısı
3. En yüksek hareket tekrar sayısı
4. Ortalama hareket tekrar sayısı

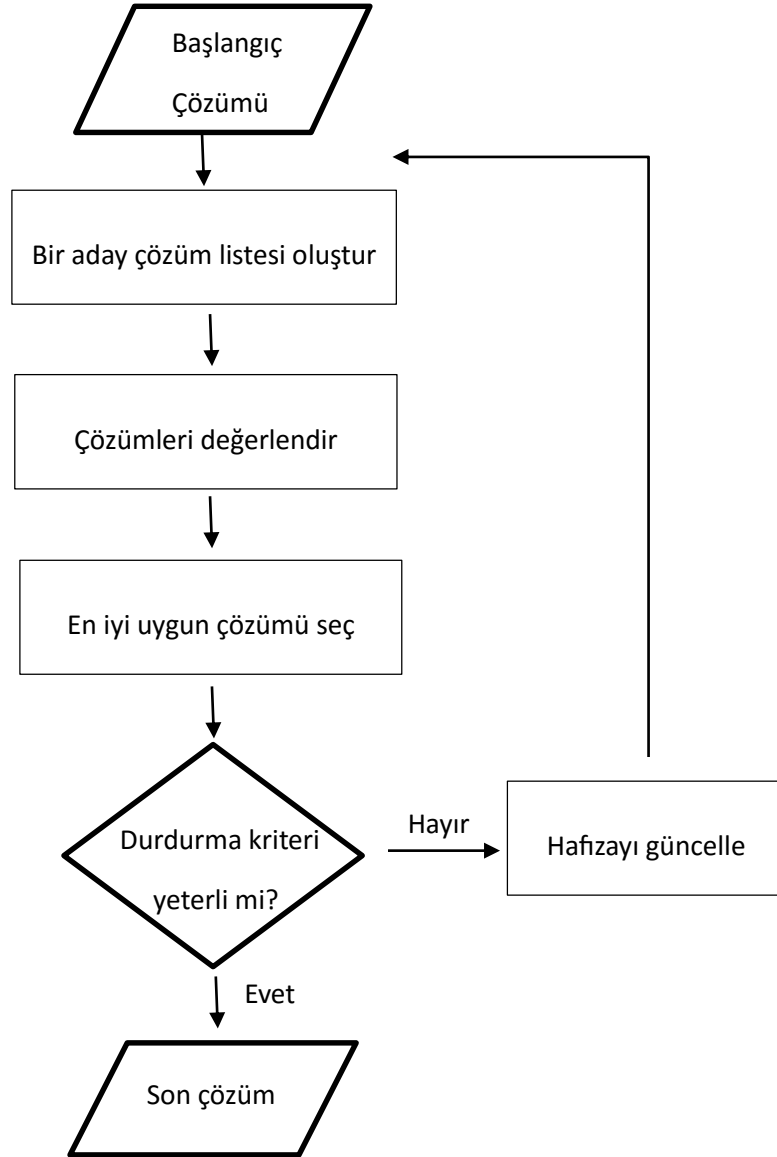
Tabu Listesi: Tabu listesi, araştırmanın herhangi bir iterasyonu içinde hangi seçimlerin tabu grubu olmak zorunda olduğu ve kaç tanesi üzerinde karar verme ve tabu listesini güncelleme ile ilgilenir. Tabu listesinin boyutu, sonucu önemli derecede etkileyebilir. Deneysel sonuçlar problemin boyutu büyüdükçe problem boyutu ile orantılı olarak tabu listesi uzunluğunun da büyümesi gerektiğini göstermiştir.

Tabu Yıkma Kriterleri: Tabu yıkma kriterleri, tabunun ortadan kalkabileceği durumları ifade etmektedir. En genel tabu yıkma kriteri, mevcut durumdan daha iyi bir sonuç verecek tabu hareketinin yapılmasına izin verilmesidir. Bu kriterin kullanılması TA algoritmasının etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca eğer tüm mümkün hareketler tabu ise bu hareketlerden tabu süresinin bitmesine en yakın olan bir tabu hareketine izin verilir.

Durdurma Koşulu: TA algoritması, bir veya birden fazla durdurma koşulunu sağlayıncaya kadar aramasını sürdürmektedir. Bu koşullardan bazıları aşağıda verilmiştir [90].

- Seçilen bir komşu çözümün komşusunun olmaması
- Belirli bir iterasyon sayısına ulaşılması

- Belirli bir çözüm değerine ulaşılması
- Algoritmanın bir yerde tıkanması ve daha iyi sonuç üretememesi



Şekil 3. 3. Tabu arama algoritması [90]

3.9. Tavlama Benzetimi

Tavlama benzetimi (TB), başka bir ifade ile benzetilmiş tavlama metalürjide kullanılan bir terimdir. Tavlama benzetimi isminin kullanılması, metallerin tavlama işlemine benzediğinden dolayıdır. TB, birçok metasezgisel teknikte olduğu gibi çözüm uzayında stokastik arama yapan bir tekniktir. 1983 yılında

Kirkpatrick ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş bir teknik olan TB, metasezgisel bir tekniktir ve kombinatoryal problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. TB, global minimumu kesin olarak garanti etmemekle birlikte belirli bir olasılıkla global minimuma yaklaşık sonuçlar verebilir. Global maksimumun ya da minimumun bulunmasında TB tekniği etkili bir tekniktir ve yaygın bir şekilde yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır [84].

TB, yerel komşuluk arama yöntemine dayalı bir tekniktir. TB ile belirli bir başlangıç noktası seçilerek çözüm uzayında arama yapılır. Yerel minimuma/maksimuma takılıp kalmaması, yöntemin avantajını oluşturur. TB, çözüm uzayında arama yaparken elde edilen çözüm değeri kötüleşse bile yerel minimumda/maksimumda takılmamak için uygun olmayan çözümlerin de kabul edildiği bir tekniktir. Uygun olmayan çözümün kabul edilmesi soğuma prosesine bağlıdır. TB'nin ilk iterasyonlarında uygun olmayan çözüm değerlerinin kabul edilme olasılığı daha yüksektir. Problemin temsil edilmesi, komşuluk fonksiyonunun tanımlanması, geçiş mekanizmasının yapılandırılması ve soğuma programı TB'nin önemli bileşenleridir. TB'nin ilk adımını rastgele çözüm değeri üretmek oluşturur. Daha sonra ise başlangıç sıcaklığı ve soğuma süresi belirlenir [84].

TB, tavlama işlemi ve optimizasyon probleminin uyarlanması ile ortaya çıkmış bir yöntemdir. Tavlama işlemi belli bir ısıya tabi tutulan katı bir cismin soğutulmasıyla moleküler yapısının değişmesi esasına dayanmaktadır. Burada katı cismin atomlarının durumları optimizasyon probleminin muhtemel çözümlerine ve atomların enerjileri de çözüm değerlerine yani amaç fonksiyonu değerlerine, enerjide meydana gelen değişimler komşu çözümlere, sıcaklık ise parametrelere ve kristalleşme de sezgisel tekniğe karşılık gelmektedir. Metallerin tavlama işlemi Metropolis ve arkadaşları 1953 yılında geliştirdikleri ısı denge (thermal equilibrium) isimli algoritma ile modellenmiştir. Bu algoritma Monte Carlo yöntemine dayanmaktadır ve ısıtılan metalin soğutulana kadar geçen sürecin sıralamasını vermektedir. Aşağıda algoritma ile ilgili bilgiler yer almaktadır [84].

Metropolis ve arkadaşlarının ileri sürdüğü algoritmaya göre belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılan ve soğuma sürecine bırakılan metal için gösterim yapılacak olursa [84];

Metalin mevcut durumu x_i ile enerjisi E_i ile ifade edilirse ve metalin bir sonraki durumu ise x_j ile ve enerjisi ise E_j ile ifade edilirse bu durumda ortaya çıkacak olan enerji aşağıdaki formülle belirlenmektedir (Denklem 3.4).

$$\Delta E = E_j - E_i \quad (3.4)$$

olacaktır. Eğer enerjide meydana gelen değişim sıfırdan küçükse x_i çözümü yeni çözüm olarak kabul edilebilecektir. Aksi takdirde yani enerjide meydana gelen değişimin sıfırdan büyük olması durumunda ortaya iki durum çıkmaktadır. Buna göre elde edilen çözüm belirli bir olasılığa göre ya kabul edilmekte ya da reddedilmektedir. Bu olasılık değeri aşağıdaki gibi belirlenmektedir (Denklem 3.5).

$$e^{-\frac{\Delta E}{K_B T}} \quad (3.5)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Burada T sıcaklığı, K_B ise Boltzmann sabitini ifade etmektedir. Minimizasyon amaçlı problemlerde bu yöntem ile elde edilen çözümler genel bir azalma eğilimi içerisindedirler. Daha önceden de bahsedildiği gibi bazı durumlarda mevcut çözüm değerinden daha kötü sonuçlar da kabul edilebilmektedir. Bunun nedeni ise yerel minimumda/maksimumda takılıp kalma riskine engel olmaktır. TB, komşu arama tabanlı bir algoritma olduğundan dolayı rastgele bir başlangıç çözümü ile çözüme başlanır ve çözümü iyileştiren yeni komşu çözüm değerleri kabul edilir. Böylelikle sürekli olarak daha düşük çözüm değerleri kabul edilir. İniş algoritması olarak bilinen bu durum yerel minimuma kadar böylece sürer. İniş algoritması ile birçok defa yerel minimumlar tespit edilir ve içlerinden global minimum bulunmaya çalışılır. Belirli bir deneme adedince elde edilen çözüm değerini daha fazla iyileştiremeyen noktaya ulaşıldığında iniş algoritması son bulur. İşte bu noktada iniş algoritmasının neden olduğu yerel minimumda takılıp kalma riskine engel olmak için çözüm değerini kötüleştirse bile rastgele bir çözüm değeri kabul edilip bu çözüm değerine ait komşu çözüm değerleri araştırılmaya başlanır. Bu

noktada rastgele seçilen başlangıç çözüm değeri önem arz etmektedir. İyi bir sezgisel tekniğin hangi rastgele çözüm değeri ile başlanırsa başlansın başlangıç çözümünden bağımsız olarak en iyi çözümü üretmesi beklenir. İşte başlangıç çözümüne bağımlılığa engel olmak için kötü çözüm değerlerinin kabulüne bu nedenden dolayı da izin verilir. Bu noktada acaba çözüm değerini kötüleştiren her hareket mi kabul edilmektedir yoksa bunun kabulü için de bir kriter söz konusu mudur? İniş algoritmasının bu çıkmazı için Kabul koşulu mevcuttur. Bu koşula göre x_j ile x_i arasındaki farkın sıcaklığa oranının negatifi e sayısının üssü olarak alınır. Yani (Denklem 3.6);

$$e^{-\left(\frac{\Delta}{T}\right)} \quad (3.6)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Bu fonksiyon kabul fonksiyonu olarak bilinmektedir. Burada çözümde meydana gelecek olan değişimlerden küçük olanı büyük olanına tercih edilecektir. Aynı zamanda sıcaklık değeri ne kadar yüksek olursa elde edilen çözüm değerlerinin büyük bir çoğunluğu kabul edilecektir. Daha düşük sıcaklık değerlerinde ise kabul edilme koşulu azalmakla birlikte sıcaklık değeri sıfıra düştüğünde kabul edilme olasılığı oldukça düşecektir. Bu nedenden dolayı TB'de arama yapılırken yüksek sıcaklık değeri ile başlanması oldukça uygun olacaktır. Sıcaklık değerinin kontrollü bir şekilde düşürülmesi ile yüksek bir kabul koşulundan başlanarak daha az bir kabul koşuluna doğru yol alınmış olunur. Yani sıcaklığın düşmesi ile birlikte arama uzayında yapılan arama da zamanla azalmaya başlayacaktır. Böylelikle sonsuz bir döngüye girme olasılığı da ortadan kalkmaktadır [84].

Tavlama işlemi geometrik tavlama, logaritmik tavlama ya da benzeri bir yöntemle gerçekleştirilebilir. Burada tavlamadan kasıtın, soğutma işleminin gerçekleştirilmesi olduğunu hatırlatmakta yarar olduğu düşünülmektedir. Tavlama işlemi, TB algoritmasında performansı en çok etkileyen işlemidir. Diğer bir sorun olan bu işlem ne kadar süre ile gerçekleştirilmeli sorununa da değinecek olursak; bu sorun aslında doğrudan doğruya TB algoritmasının durdurma kriteri ile ilgilidir. Durdurma kriterinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlere örnek vermek gerekirse; kullanıcı

önceden belirlediği iterasyon adedince algoritmayı çalıştırabilir, istediği sayıda çözüm değerine ulaşıncaya kadar algoritmayı çalıştırabilir ya da optimum sonucu bilinen problemlerin çözümünde, optimum sonuca veya optimum sonuca yakın değerlere ulaşıncaya kadar algoritmayı çalıştırabilir [84].

X çözüm uzayında, x çözüm değerini göstermek üzere ($x \in X$), maliyet fonksiyonu $f(x)$ olacaktır. Başlangıç çözümü x_0 ile temsil edilecek olursa komşu çözüm değeri $N(x)$ ile gösterilebilir. $N(x)$ için kolay ulaşılabilir olması, bir hareketten diğer bir harekete geçildiğinde hesaplamaların kolay bir şekilde gerçekleştirilebilmesi, ayrıca komşu seçimi için kullanılacak rastsal değer hesaplamasının kolay olması komşuluk yapısında oldukça önemlidir. X Çözüm uzayı için ise problemde yer alan kısıtları sağlayacak şekilde belirlenmesi eğer bu mümkün değilse kısıtları sağlamayan çözüm değerleri için cezalandırmanın yapılması çözüm uzayı için önem teşkil etmektedir [84].

3.10. Sürü Zekâsı Teknikleri

Sürü zekâsı tekniklerinin, aslında sezgisel tekniklerden olmasına rağmen doğada var olan ve hayvanların güdülerinden hareketle toplu halde sergilemiş oldukları davranışları konu edinen ve bu davranışlardan hareketle insan yararına olanı ortaya koymaya çalışan teknikler olduğu söylenebilir. Bu teknikler oluşturulurken doğal düzen incelenmiş ve buna bağlı olarak optimizasyon amaçlı teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler esnek ve performansı yüksek tekniklerdir. Doğada cereyan eden olaylar ve insan merakının insan ihtiyaçları ile birleşmesinden ortaya çıkan sezgisel tekniklerden olan sürü zekâsı kavramı aslında hayvanların birlikte yaşama güdüsü ile hareketinden ortaya çıkmaktadır. Hayvanların sürü halinde yaşamlarını devam ettirme uğraşları esnasında karşılaştıkları engelleri, besin arama davranışlarını, savunma ihtiyaçlarını vb. konularda içgüdüsel olarak ürettikleri çözümleri konu edinen sürü zekâsı teknikleri, hayvanların zorluklarla karşılaştıklarında çözüm için mücadele etmelerini konu edinmektedir [84].

Problem çözümünde sürü zekâsı tekniklerinden olan karınca koloni optimizasyonu ve yapay arı koloni optimizasyonu kullanılmıştır. Bu yöntemlerin ayrıntılı incelemesi bölümün devamında verilmiştir.

3.10.1. Parçacık sürü optimizasyonu

J. Kennedy ve R. C. Eberhart tarafından kuş sürülerinin hareketlerinden esinlenilerek 1995 yılında geliştirilen Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) popülasyon tabanlı bir tekniktir. PSO tekniği sosyal zekâ mantığına sahip metasezgisel bir tekniktir. Doğadaki canlıların bir araya gelmeleri ile tek başlarına altından kalkamayacakları işleri birliktelik halinde halletmeleri esasına dayanmaktadır [84].

PSO tekniğinde popülasyonda yer alan her bir birey parçacık olarak kabul edilmektedir. Her bir parçacığın kendisine ait hız bileşeni vardır. Sürüde yer alan diğer parçacıklardan alınan bilgiler sayesinde sahip oldukları hız bileşenleri ile arama uzayında yer değiştirebilirler. Sürü halinde yaşamının vermiş olduğu avantajla parçacıklar daima daha iyi sonuç veren arama bölgelerine uçacaklardır. Bu noktada her bir parçacık aslında arama uzayındaki bir çözüm değerini ifade etmektedir [84].

Kuşların yaşadıkları çevrede bilmedikleri bir noktadaki besin kaynağına yönelmelerini konu edinen PSO tekniğinde, bu durum esas alınarak probleme çözüm aranır. Sürüde yer alan kuşlar diğer kuşlar ile sürekli olarak irtibat halindedirler ve bir kuş besin kaynağı bulduğunda diğer kuşlar bu besin kaynağı ile ilgili bilgiyi besin kaynağının yerini tespit eden kuştan alırlar. Elde edilen bilgi besin kaynağının yeri ve kalitesi ile ilgili bir bilgidir. Bu süreç sayesinde kuşlar sürekli olarak mevcut durumlarını diğer kuşlardan aldıkları bilgiler sayesinde güncellemektedirler. PSO genetik algoritma gibi evrimsel tabanlı bir tekniktir. Genetik algoritmadan farklı olarak daha az sayıda parametreye ihtiyaç duymaktadır. Her iki tekniğe de tesadüfi olarak rastgele çözüm değeri ile başlanır. Her iterasyonda çözüm değerini iyileştiren bölgeye doğru hareket edilerek parçacıkların pozisyonları güncellenir. PSO tekniğinde genetik algoritmada yer alan mutasyon ve çaprazlama gibi çözüm değerini manüple eden operatörler yer almaz. Ayrıca algoritma çalıştırılırken

parçacıklar seçilen popülasyon içerisinde kalırlar ve diğer evrimsel teknikler de olduğu gibi güçlü olanın hayatta kalması gibi bir durum söz konusu değildir [84].

3.10.1.1. PSO terimleri ve parametreleri

Parçacık Sürü Optimizasyonunda kullanılan çeşitli terimler ve parametreler bu başlık altında incelenecektir. Öncelikle konunun daha anlaşılır olması bakımından bazı PSO terimlerine yer verilecek daha sonra ise PSO algoritmasında yer alan bazı parameter değerlerinden bahsedilecektir [84].

Parçacık: Popülasyonda yer alan her bir birey parçacık olarak kabul edilmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi her bir parçacığın kendisine ait hız bileşeni vardır.

Parçacık Pozisyonu: Her bir parçacığın çözüm uzayında tekabül ettiği noktayı ifade etmek için kullanılır. Parçacık pozisyonu X ile ifade edilmektedir.

Popülasyon Büyüklüğü: Parçacıkların tamamına birden sürü büyüklüğü denilmektedir. Popülasyon büyüklüğü mevcut problemin çözümünde önemli bir role sahiptir. Popülasyonda yer alan birey sayısının artması daha hızlı çözümler elde etmeye imkân tanıyacaktır.

Başlangıç Değeri: Daha önce de belirtildiği gibi rastgele bir çözüm adımı ile çözüm uzayında arama yapma esasına dayanan bir tekniktir. Bu bakımdan çözüm uzayında arama yapılırken rastgele bir başlangıç değeri ile çözüme başlanır. PSO'da diğer tekniklerden farklı olarak hız bileşeni mevcuttur. Hız bileşeni PSO'da yer alan bir parametredir. Bu bileşen çözüm uzayındaki yer değiştirmeyi ifade etmektedir.

En İyi Değer: PSO'da yer alan en iyi değer kavramı ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan birisi birey yani parçacıklar vasıtasıyla elde edilmiş olan en iyi değerdir. Diğeri ise popülasyona ait en iyi değerdir. PSO iteratif bir teknik olduğundan dolayı her iterasyonda elde edilen en iyi pozisyon ve uygunluk değerleri saklanır. Buradan şöyle bir çıkarımda bulunmak mümkündür. PSO hafıza temelli bir tekniktir. Yani problem yapısına bağlı olmakla birlikte (amaç maksimizasyon ya da minimizasyon olabilir) iterasyonlar boyunca gerek bireysel (parçacık) olarak gerekse de popülasyon

olarak en iyi değer hafızada muhafaza edilir. Çözümü iyileştiren mevcut çözüm hafızada yer alan çözüm değeri ile karşılaştırılır eğer çözüm daha iyi bir çözüm ise hafızada yer alan değer, yeni değer ile güncellenir.

Uygunluk Değeri: Çözüm uzayı X ile ifade edilirse, bu çözüm uzayında parçacığın koordinatları uygunluk fonksiyonunda kullanılarak uygunluk değeri elde edilir. Yani uygunluk değeri parçacıkların buldukları pozisyona göre her iterasyonda hesaplanır. Bir diğer ifade ile uygunluk değeri için amaç fonksiyonu demek de mümkündür.

Durdurma Kriteri: İteratif birçok teknikte olduğu gibi PSO tekniğinde de belirli bir iterasyon adedince döngü çalıştırılır ve sonlandırılır. Adından da anlaşılacağı üzere algoritmanın sonlandırılmasını sağlayan kriterdir.

PSO terimlerinden bahsettikten sonra literatürde yer alan bazı parametrelerden bahsetmek yerinde olacaktır. Bu parametreler ve açıklamaları aşağıda yer almaktadır. Sürü Büyüklüğü: Popülasyonda yer alan toplam parçacık sayısını ifade etmektedir. Algoritmada kullanılacak parçacık sayısı algoritmanın arama uzayında daha etkin bir arama yapmasına imkân tanıyacaktır. Parçacık sayısının artması çözüm uzayında daha az iterasyon ile optimum çözüme ulaşılmasını sağlarken yapılan hesaplamaları artmasına neden olur. Kennedy ve Eberhart 25-30 adet parçacık kullanılmasının uygun olacağını söylemişlerdir.

Hız: Her bir parçacığın kendine ait bir hızı olduğu daha önce belirtilmişti. Parçacık hızı belirli bir limit değerinin arasında yer almaktadır. Parçacık için tanımlanacak olan hız sayesinde mevcut çözüm uzayında mevcut konum ile hedeflenen konum arasında çözümler aranır. Fazlası da azı da algoritma açısından önem teşkil eder. Hız parametresinin olması gerekenden yüksek ya da düşük olması çözüm uzayının çok yetersiz araştırılmasına ve yerel minimumda takılma riskine neden olabilir. Hız parametresi V ile ifade edilmektedir.

Atalet Ağırlığı: Atalet ağırlığı, parçacığın çözüm uzayındaki hareket yönünün kontrol edilmesine imkân tanır. Bazı çalışmalarda hız faktörü ile birlikte kullanıldığı gibi bazı çalışmalarda ise hız faktörü olmadan kullanılabilceği savunulmuştur. Atalet ağırlığı w ile ifade edilmektedir. w katsayısının büyük seçilmesi global aramada iyileşmeye, küçük seçilmesi ise yerel aramada iyileşmeye neden olur.

Parçacığın özgüven ve sürüye güvenme katsayısı: Bu katsayıların doğru belirlenmesinin algoritmanın performansı üzerinde önemli bir etkisi vardır. c_1 ve c_2 katsayıları olarak da bilinirler. Özgüven ve sürüye güvenme parametrelerinin birbirleri ile ilişkileri vardır. Hız bileşeni ile bu iki parametrenin birleşmesi ile parçacığın çözüm uzayında yönlendirilmesi gerçekleştirilir.

İterasyon Sayısı: İterasyon sayısı algorithmada yer alan döngünün kaç defa işletileceğini gösteren bir parametredir. Bu parametre deneme yanılma yöntemi ile belirlenebilmektedir. Optimum sonucu bilinen problemlerde genellikle 1000, 2000, 3000 gibi değerler denenerek optimum sonuca veya optimum sonuca yakın değere ulaşıp ulaşılmadığı gözlemlenir. Optimum sonucu bilinmeyen problemlerde ise belirlenen iterasyon sayısının sonucu değiştirip değiştirmediği kontrol edilir. İterasyon sayısı yapılacak olan hesaplamalarla doğrudan ilişkili olduğu için yüksek tutulmaması tavsiye edilir [84].

3.10.2. Karınca koloni optimizasyonu

Karıncalar tek başlarına birey olarak basit gibi görünen canlılar olsalar da koloni halinde iken son derece karmaşık işler yapabilmektedirler [91].

Gerçek karıncalar, yuvaları ile yiyecek kaynağı arasındaki en kısa yolu bulma kabiliyetine sahiptirler ve ayrıca çevredeki değişimlere de adapte olabilmektedirler. Örneğin, yuva ile yiyecek arasındaki en kısa yol belirli bir zamanda keşfedilir ve sonra çevre şartları nedeniyle bu en kısa yol artık en kısa yol olmaktan çıkarsa, karıncalar yeni en kısa yolu bulabilmektedirler. Diğer bir ilginç noktada karıncaların

çok iyi görme kabiliyetlerinin olmamasıdır. Yani, en kısa yolu keşfetme uğraşında yönleri seçmek için etrafı tam olarak göremezler [92].

Karınca kolonisi yaklaşımı karıncaların birlikte (koloni halinde) hareket etme güdüsüyle sergilemiş oldukları davranışları konu edinmiş olan bir sürü zekâsı tekniğidir. Karıncaların sürü halinde gerçekleştirdikleri işleri tek başlarına yapmaları söz konusu bile değildir. Kendilerinden çok daha ağır yükleri taşımakta, bir besin kaynağına ulaşırken en kısa yolu tercih etmektedirler. Sürü halinde hareket etmeleri ve birbirleri ile iletişim halinde olmaları, tek başlarına altından kalkamayacakları işleri toplu halde yapabilmelerine imkân tanımaktadır [84]

Karınca koloni optimizasyon tekniği metasezgisel bir tekniktir. Kombinatoryal problemlerin çözümünde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Alberto Coloni, Marco Dorigo ve Vittorio Maniezzo tarafından geliştirilmiş bir teknik olan karınca koloni optimizasyon algoritması, sürü halinde gerçekleştirilen hayvan davranışlarını baz alan bir tekniktir. Günümüzde birçok probleme uygulanabilen bu teknik aslında Marco Dorigo tarafından yazılmış olan doktora tezi ile ortaya çıkmıştır. Karınca koloni optimizasyon algoritması (KKOA), diğer optimizasyon tekniklerinde olduğu gibi kesin çözümü garanti etmemekle birlikte optimum sonuca oldukça yakın çözüm değerleri üreten bir tekniktir [84].

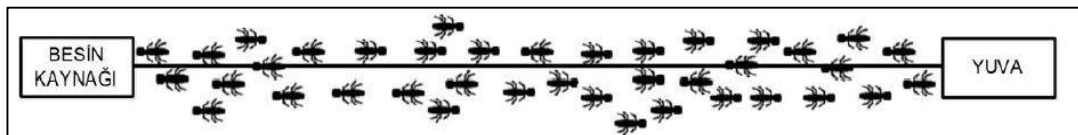
KKOA tekniği karıncaların besin kaynağı arama davranışlarından hareketle ortaya çıkmış bir tekniktir. Karıncalar rastgele olarak yuvalarından besin aramak için çıkarlar. Besin kaynağı arama davranışı ilk başta rastgele olmakla birlikte bir besin kaynağının yeri tespit edildiğinde besin ile ilgili gerekli değerlendirmeler yapıldıktan sonra bu besin arama davranışı rastgele olmaktan çıkmaktadır. Tespit edilen besin kaynağının kalitesi ve miktarı eğer yeterli düzeyde ise kolonide yer alan diğer karıncalar tarafından da yuvaya taşınmak üzere hedef besin kaynağı olarak belirlenir. Karıncalar yuva ile besin kaynağı arasında gidip geldikçe feromon adında kimyasal bir salgı maddesi salgırlar. Bu salgı maddesi sayesinde yuvadan ayrıldıklarında tekrar bu salgı maddesini takip ederek yuvalarına geri dönerler. Bilindiği üzere

karıncalar yeterli görme yetisi olan hayvanlar değildir. Dolayısıyla feromon denilen bu salgı bir nevi karıncaların gözü olmaktadır [84].

3.10.3. Karıncaların besin arama davranışları

Her karınca yiyecek ararken geçtiği yerlere değişik miktar ve yoğunlukta, karın bölgesinde yer alan Dufour bezlerinden salgıladığı feromon adlı özel bir sıvı bırakır. Bu koku karıncanın yuva ile besin arasında rahatça gidip gelmesine imkân tanımakla birlikte aynı zamanda diğer karıncalara da rehberlik etmektedir. Karıncalar tespit ettikleri besinlerin kalitesi ve miktarı ile orantılı bir şekilde feromon salgılamaktadırlar. Goss S. ve Aron S. 1989 yılında Arjantin karıncaları üzerinde yaptıkları deneyle bu durumu ispatlamışlardır. Karıncalar koloni halinde yaşamının vermiş olduğu avantajı kullanarak feromon sayesinde karıncalar arasında bilgi iletimini sağlamakla birlikte bir diğer avantaj olan en kısa yolun bulunmasında da oldukça iyidirler. Bir besin kaynağının yeri tespit edildikten sonra karıncalar besin kaynağından yuvaya yiyecek taşımaya başlarlar. Rüzgâr, yağmur gibi doğal nedenlerle veya doğal olmayan nedenlerden dolayı yolları üzerinde bir engel ortaya çıkarsa karıncalar daha önce de belirtildiği gibi feromonlar sayesinde en kısa yolu bulabilirler [84].

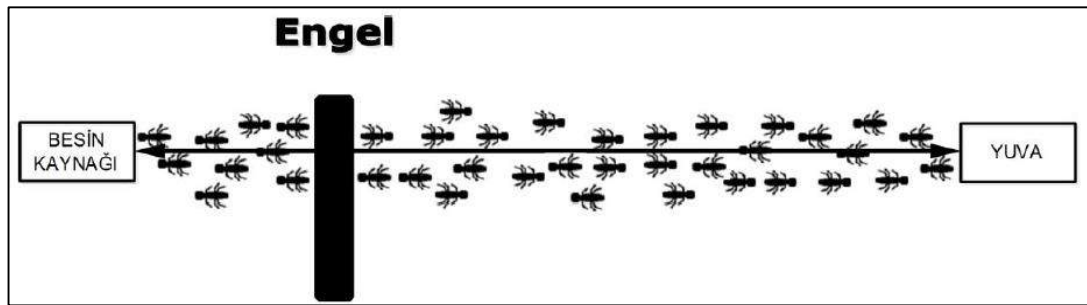
Aşağıda yer alan Şekil 3.4'te karıncaların besin kaynağından yuvalarına besin taşımaları görülmektedir. Karıncaların her seferinde aynı güzergâhı takip etmeleri yolculukları esnasında salgıladıkları feromon ile mümkün olmaktadır. Zamanla güzergâh üzerine bırakılan feromon miktarı artmakta ve karıncalar görme duyuları yeterli düzeyde gelişmediği için bu kokuları takip ederek hedeflerine ulaşmaktadırlar [84].



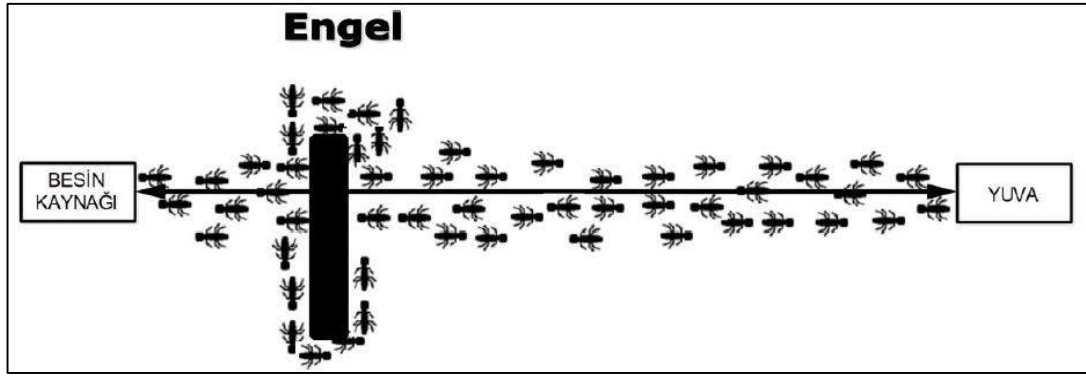
Şekil 3.4. Karıncaların besin arama davranışları [84]

Herhangi bir nedenle yuva ile besin kaynağı arasındaki güzergâhın bozulması durumunda karıncalar belirli bir süre sonra kısa olan yolu bulabilmektedirler. Yuvadan besin kaynağına ya da besin kaynağından yuvaya doğru giden karınca bir engelle karşılaştığında içgüdüsel olarak bir yol takip edecektir. Takip ettiği yol uzun da olabilir kısa da olabilir. Bu durum bütün karıncalar için aynı olacaktır. Fakat zamanla kısa mesafeli kısımdan uzun mesafeli kısma oranla daha fazla sayıda karınca geçecek ve her geçen karınca, kendi güzergâhı üzerine feromon salgılayacaktır. Hal böyle olunca birim zamanda kısa mesafeli bölgeden daha fazla karınca geçeceğinden dolayı o bölgeye ait feromon miktarı uzun mesafeli bölgenin feromon miktarına göre daha fazla olacaktır. Böylelikle karıncalar bir engelle karşılaştıklarında belirli bir süre rastgele güzergâh izleyecekler fakat daha sonra ise kısa mesafeli olan yolu tercih edeceklerdir. Bu durum karıncaların birlikte (koloni halinde) yaşamalarının getirmiş olduğu bir avantajdır. Aksi takdirde tek bir karınca bu işi sürdürecekti olsaydı ortaya çıkacak olan resim elbette bu şekilde olmayacaktır [84].

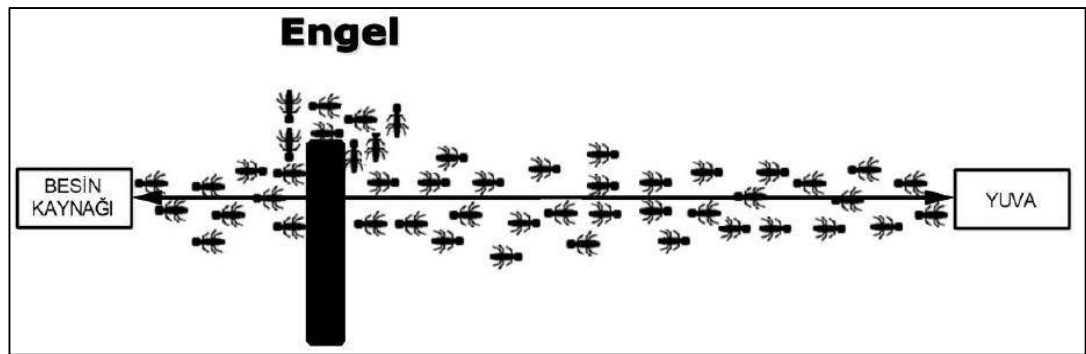
Aşağıda yer alan Şekil 3.5'te bir engelle karşılaşan karıncaların ilk tepkileri yer almaktadır. Daha sonra ise Şekil 3.6'da karıncaların rastgele olarak engeli aşmaya çalıştıkları şekil yer almaktadır. Şekil 3.7'de ise feromon miktarının artmasına bağlı olarak kısa mesafeli yolu tercih ettikleri şekil yer almaktadır [84].



Şekil 3.5. Engelle karşılaşan karıncalar [84]



Şekil 3.6. Engelle karşılaşılan karıncaların rastgele davranış sergilemeleri [84]



Şekil 3.7. Kısa yolu tercih eden karıncalar [84]

3.10.4. Karınca koloni algoritması

Sürü halinde yaşayan karıncalar daha önce de belirtildiği gibi besin kaynağı ile yuva arasındaki en kısa mesafeyi bulma kabiliyetine sahiptirler. En kısa yolu bulma kabiliyetlerinin altında feromon maddesi yatmaktadır. Karıncaların bu özelliklerinden esinlenerek gerçek hayat problemlerinin çözülmesinde karınca kolonisi algoritması geliştirilmiştir. Problemlerin çözümünde tıpkı gerçek hayattaki gibi yapay karıncalar oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu yapay karıncalar kullanılarak geçtikleri yollarda bıraktıkları gibi feromon güncellemesi yapılmaktadır. Gerçek hayattaki karıncalardan farklı olarak KKA'da karıncalar hafızaya sahiptirler, tamamen kör değildirler ve ayrık zamanlı bir çevrede yaşamaktadırlar. Karınca koloni algoritması (KKA) iteratif bir tekniktir. Kodlanan bu algoritma durdurma koşulu sağlanıncaya kadar devam eder [84].

Colorni ve arkadaşları geliştirmiş oldukları KKA'yı ilk olarak gezen satıcı problemine uygulamışlardır. KKA'da i noktasından j noktasına gitmeye çalışan k karıncası için iki seçenek söz konusudur. Bu seçenekler ya feromon miktarı yüksek olan yolun tercih edilmesi şeklindedir ya da olasılıksal olarak herhangi bir yolun tercih edilmesidir. Buna göre i noktasından j noktasına gitmeye çalışan k karıncası için u adet alternatif yol söz konusu olsun, böyle bir durumda karıncanın hangi yolu seçeceği aşağıda yer alan şekilde hesaplanacaktır (Denklem 3.7) [84].

$$j = \max_{u \in J_{k(i)}} [\tau(i, u)]^\alpha x [\eta(i, u)]^\beta \quad \text{eğer } q \leq q_0 \quad (3.7)$$

Formülde yer alan $\tau(i, u)$ ve (i, u) feromon izidir. $\eta(i, u)$ ise i noktasından u noktasına uzaklığın tersini göstermektedir. $J_{k(i)}$, i noktasında bulunan k karıncasının gitmediği noktaları temsil etmektedir. feromonun güncellenmesinde kullanılan göreceli parametredir. q_0 ise çözüm uzayının araştırılmasında kullanılan göreceli parametredir.

Karıncaların gidebilecekleri yolları seçme olasılıkları ise aşağıda yer alan eşitlikteki formülle hesaplanmaktadır (Denklem 3.8).

$$P_k(i, j) = \begin{cases} \frac{[\tau(i, u)]^\alpha x [\eta(i, u)]^\beta}{\sum_{u \in J_{k(i)}} [\tau(i, u)]^\alpha x [\eta(i, u)]^\beta} \quad \text{eğer } j \in J_{k(i)} \\ 0 \quad \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (3.8)$$

Tüm karıncalar turlarını tamamladıktan sonra feromon miktarları güncellenmektedir. KKA'ya göre feromon miktarları belirlenen oranda buharlaşmaktadır. Dolayısıyla feromon miktarlarının güncellenmesi gerekmektedir. KKA'ya göre feromon miktarlarının güncellenmesinde iki yöntem söz konusudur. Bu yöntemler yerel feromon güncellemesi ve global feromon güncellemesidir. KKA'da yer alan bir diğer husus da karınca sayısı konusudur. Problem yapısına bağlı olmakla birlikte kullanılacak karınca sayısı kullanıcının tercihinine bağlıdır. Literatür incelendiğinde kullanılan karınca sayısı genellikle problemde yer alan şehir sayısına eşittir denilebilir. Yukarıda yer alan problemlerde Alfa ile feromon oranının önemi Beta ile

de ağırlıklandırma oranı belirtilmektedir. Alfa'nın yüksek olması demek o yolun kullanılma olasılığının artması demektir. Beta oranı ile karıncaların tesadüfi olarak yol seçmesi sağlanabilir. Yani olasılıksal olarak yeni yolların araştırılması gerektiği durumlarda Beta oranının yüksek olması önem teşkil edecektir [84].

3.11. Yapay Arı Koloni Optimizasyonu

2005 yılında Derviş Karaboğa tarafından arıların besin kaynağı arama davranışlarından hareketle optimizasyon amaçlı geliştirilen Yapay Arı Kolonisi (YAK) son zamanlarda oldukça popülerlik kazanmış bir konudur. 2005 yılında ortaya atılmasına rağmen literatürde bu alanda yapılmış çok fazla çalışma vardır. 2006, 2007 ve 2008 yıllarında daha yeni yeni tanınmaya başlanmasından ötürü literatürde çok fazla çalışma yer almazken 2009 yılından itibaren bu alanda yapılan çalışmalar hızlı bir şekilde artış göstermiştir [84].

Sürü zekâsı, hayvanların kendi kendilerine organize olarak kolektif davranış sergilemeleri ile ortaya çıkmıştır. Sürü zekâsına dayalı birçok algoritma geliştirilmiştir. Her geçen gün literatüre araştırmacılar tarafından yeni algoritmalar kazandırılmaktadır. Bu algoritmalarından birisi de Yapay Arı Kolonisi'dir [84].

3.11.1. Arıların besin arama davranışları

Arılar topluluk halinde yaşayan canlılardır ve bu topluluk koloni olarak adlandırılmaktadır. Koloni halinde yaşayan arılar sosyal varlıklardır. Birbirleriyle ve çevreleriyle iletişim halindedirler. Bir kolonide üç tip arının varlığından bahsetmek mümkündür. Bunlar kraliçe arı, işçi arılar ve erkek arılardır. Arı kolonisinde bir tane kraliçe arı, birkaç yüz erkek arı ve binlerce işçi arı bulunur. Kışın kolonide dişi arılar çoğunlukta iken ilkbaharın gelmesi ile birlikte erkek arıların sayısında artış görülmeye başlanır [84].

Kraliçe Arı: Kolonide yer alan en önemli ve yumurtlayabilme yeteneğine sahip tek arıdır. Kolonide işlerin yürütülmesi kraliçe arı sayesinde mümkün olmaktadır.

Kraliçe arılar fiziksel olarak işçi ve erkek arılardan daha uzundurlar. Kraliçe arı görevini tamamladıktan sonra yine kendi arılarından bir tanesi kraliçe arı olmakta ve bu arı görevini sürdürmektedir. Kolonide yer alan arı sayısının kontrolü kraliçe arıdadır. Koloni büyüklüğüne göre yumurtlama yapmakta ya da yine koloni büyüklüğüne göre yumurtlama yapmamaktadır [84].

Erkek Arılar: Erkek arıların en önemli görevleri kraliçe arı ile çiftleşmektir. Fiziksel olarak kraliçe arı ve dişi arılardan daha iridirler. Erkek arılarda savunma amaçlı kullandıkları iğne bulunmamaktadır. Ayrıca fiziksel olarak nektar toplamaya elverişli değildirler. Kolonide birkaç yüz adet bulunurlar. Ömürleri en fazla altı aydır. Kraliçe arı ile çiftleştikten sonra ölürlür [84].

İşçi Arılar: İşçi arılar kolonide yer alan iş bölümünün en çok görüldüğü arılardır. Larvaları besleme, polen depolama, mum salgılama gibi birçok görevleri vardır. İşçi arılar dişi arılardır ve fiziksel olarak üremeye elverişli değildirler. Kolonide en fazla sayıya sahip işçi arılardır. Bir kolonide binlercesine rastlamak mümkündür [84].

Yukarıda da anlatıldığı üzere arılar arasında iş bölümü ve kendi kendine organize olabilme söz konusudur. Bu noktada Tereshko ve Lee arıların besin kaynağı arama davranışlarını modelledikleri bir çalışmayı 2002 yılında gerçekleştirmişlerdir. Bu modele göre arıların besin kaynağı aramalarında üç bileşen söz konusudur. Bunlar besin kaynağı, görevli arılar ve görevsiz arılardır. Ayrıca Tereshko ve Loengarov 2005 yılında yaptıkları çalışmada arı davranışlarını bir besin kaynağına yönelme ve bir besin kaynağını terk etme olarak ikiye ayırmışlardır. Bu çalışmaya göre arı kolonisi çevresiyle etkileşim halinde bulunan ve çevreden alınan bilgilere göre koloni davranışlarının düzenlendiği dinamik bir sistemdir [84].

Besin Kaynakları: Arıların amacı kovan çevresinde bulunan besin kaynaklarının yerini tespit ederek bu besin kaynaklarından nektarı kovana taşımaktır. Bir besin kaynağının kalitesi, kovana uzaklığı ve nektarın çıkarılmasında harcanan enerji arılar için önem arz etmektedir [84].

Görevli Arılar: Görevli arılar ile işçi arılar ifade edilmektedir. İşçi arıların görevi kovan ile besin kaynağı arasında gidip gelerek kovana nektar taşımaktır. Ayrıca gidip geldikleri besin kaynağı ile ilgili diğer arılara besin kaynağının kalitesi ve konumu hakkında bilgi iletilmesinde de sorumludurlar. Görevli arılar besin kaynağı tükenene kadar bu görevlerini sürdürmeye devam ederler [84].

Görevsiz Arılar: Görevsiz arılar ise kâşif arılar ve gözcü arılardır. Kâşif arılar kovan çevresinde bulunan yeni besin kaynaklarının araştırılmasından sorumludurlar. Kâşif arılar kovan çevresinin yaklaşık 14 km kadar araştırılmasından sorumludurlar. Gözcü arılar ise kovanda bekleyerek işçi arılardan gelen bilgileri izleyen ve ilgili besin kaynağına yönelip yönelmeme kararı alan arılardır. Bu noktada kovanın içinde gerçekleştirildiği düşünülen dans alanı ve dans kavramı karşımıza çıkmaktadır. İşçi arılar taşınmasından sorumlu oldukları besin kaynağı ile ilgili bilgileri dans alanında çeşitli danslar sergileyerek paylaşırlar. Dans eylemini gerçekleştirdikten sonra ise tekrar besin kaynağına yönelirler. Dans alanındaki dansı izleyen gözcü arılar ise aldıkları bilgi doğrultusunda ilgili besin kaynağına yönelir ya da diğer arıların dansını izlemek üzere kovanda beklemeye devam edebilirler. Bu bekleme gözcü arının sergilenen danslar içerisinde kaynak kalitesi yüksek olan bir besin kaynağını tespit etmesine kadar devam eder. Zira Tereshko ve Loengarov yaptıkları çalışmada gözcü arıların dans izledikten sonra besin kaynağına yönelmelerini dansı sergileyen arının kuyruk dansını devam ettirdiği süre ile ilişkilendirmişlerdir. Yani kuyruk dansının sergilenme süresi arttıkça o kaynağın daha zengin bir kaynak olduğu anlaşılmaktadır. İşçi arılar dans ederken gittikleri kaynağın yeri ve kalitesi ile ilgili bilgiyi paylaşırlar [84].

Dans alanında sergilenen dans için çeşitli dans türleri mevcuttur. Sergilenen danslar kaynağın kovana olan uzaklığına göre değişkenlik göstermektedir. Bu danslar dairesel danslar, kuyruk dansı ve titreme dansıdır [84].

Dairesel dans: Dairesel dans ile dansı gerçekleştiren işçi arı kovanda yer alan gözcü arılara besin kaynağının çok yakın olduğunu bildirmektedir. İlgili besin kaynağı

A ve B ile gösterilen iki keşfedilmiş besin kaynağının olduğu varsayalım. Araştırmanın başlangıcında besin kaynağı arayışında olan bir arı kovan çevresinde arama yapmaya başlayacaktır. Arama yapan bu arının görevsiz arılardan olan iki arıdan birisi olması mümkündür yani bu arı kâşif arı da olabilir gözcü arı da olabilir. Bu durum aşağıda yer alan şekilde s ile gösterilmiştir. Eğer bu arı kovandaki dans alanındaki dansı izledikten sonra gözcü arı iken görevli arı konumuna geçmiş bir arı ise besin kaynağına gidip geldikten sonra aynı besin kaynağına tekrar gitmeyi gözcü arı olmaya devam edebilir, dans ederek besin kaynağına yönelebilir ya da doğrudan dans etmeden besin kaynağına yönelebilir. Gittiği kaynağı bırakarak tekrar gözcü arı olması durumu UF ile gösterilmiştir. Dans ederek besin kaynağına tekrar yönelmesi durumu ise EF1 ile gösterilmiştir. Doğrudan dans etmeden besin kaynağına yönelmesi durumu ise EF2 ile gösterilmiştir. Bu noktada şöyle bir çıkarımda bulunmak mümkündür herhangi bir arının gözcü arı iken kâşif arı, kâşif arı iken de gözcü arı olması mümkündür [84].

3.11.2. Yapar arı kolonisi algoritması

Doğada arıların besin arama davranışları insanlara ilham kaynağı olmuş ve bunun neticesinde ise Yapay Arı Kolonisi Algoritması (YAKA) geliştirilmiştir. YAKA'da arıların bütün davranışları bire bir modellenmemiş ve bunun yanında da bazı varsayımlarda bulunulmuştur. Bu varsayımlar her bir nektarın çıkarılmasında sadece bir görevli arının olmasıdır. Dolayısıyla algoritmada yer alan ve kullanılacak olan besin sayısı ile görevli arı sayısının birbirine eşit olması gerekmektedir. Bir diğer varsayım ise işçi arı ile gözcü arı sayısının birbirine eşit olmasıdır. Böyle bir varsayımda bulunulmasına rağmen aslında bir nektara gidip gelen arının görevli olduğu besin kaynağı tükendiğinde bu arının kâşif arı olması da söz konusudur. Bir besinin kalitesi ne kadar yüksekse o kaynağın uygunluk değeri de o denli iyidir. Dolayısıyla YAKA ile optimum çözümün elde edilmesine çalışılır. Bu noktada algoritmayı kullanan kişinin amacı maksimizasyon ya da minimizasyon olsun nektar kalitesi çözümün uygunluk değerine denk gelmektedir [84].

Şekil 3.8’de gösterildiği üzere kâşif arılar kovan çevresinde rastgele olarak besin kaynağı aramaya başlarlar. Besin kaynağı keşfinde bulunan kâşif arı bulduğu besin kaynağından kovana nektar taşımaya başlar. Kovana gelen arı nektarı boşalttıktan sonra üç olasılık söz konusudur. Bunlar; dans alanına giderek besin kaynağı ile ilgili bilgiyi diğer arılarla paylaşmak, hiç bilgi vermeden doğrudan besin kaynağına yönelmek ya da bulduğu besin kaynağını terk ederek yeniden kâşif arı olmaya devam etmektir. Kovanda bekleyen gözcü arılar da izledikleri dansa göre ilgili besin kaynağına yöneleceklerdir. YAKA ile ilgili kaba kod aşağıda yer almaktadır. YAKA’nın adımları [84]:

Adım 1: Rastgele besin kaynakları oluşturulur. Bu besin kaynaklarına sadık kalınarak işçi arı sayısı ve gözcü arı sayısı belirlenir. Ayrıca limit değeri de tespit edilir ve kontrol amaçlı sayaç değişkeni oluşturulur.

Adım 2: Oluşturulan bu besin kaynaklarına ait her bir besinin çözüm değerleri amaç fonksiyonunun türüne göre hesaplanır.

Adım 3: Maksimum döngü sayısı belirlenerek işçi arılar besin kaynaklarına gönderilir. İşçi arılar rastgele bir besine yönelerek bu besin kaynağını işlemeye başlarlar. Besin kaynağı işlendikten sonra bu besine ait yeni besin kalitesi (çözüm değeri) hesaplanır. Elde edilen çözüm değeri önceki çözüm değerinden daha iyi ise bu besin ve besinle ilgili bilgiler hafızaya alınırlar. Eğer çözüm değerinde iyileşme sağlanırsa limit değeri sıfırlanır aksi takdirde limit değeri bir arttırılır. Limit değeri için belirli bir üst değer belirlemek algoritmanın çalıştırılması esnasında sonsuz döngüye girmeye engel olacaktır.

Adım 4: İşçi arılardan sonra gözcü arılar devreye girerler. Besinlerin uygunluk değerine göre bir besin kaynağı seçilir. Gözcü arılar bu besin kaynağı üzerinde çalışmaya başlarlar. Aynı şekilde elde edilen çözüm değeri önceki çözüm değerinden daha iyi ise bu besin ve besinle ilgili bilgiler hafızaya alınırlar. Eğer besin kaynağında iyileşme sağlanırsa limit değeri sıfırlanır aksi takdirde limit değeri bir

arttırılır. Bu safhada gözcü arılar işçi arılardan farklı olarak uygunluk değerine göre seçim yaparlar.

Adım 5: İşçi arı ve gözcü arı safhasından sonra kâşif arı devreye girer. Kâşif arı safhasının esas nedeni algoritmanın yerel minimum ya da maksimumda takılmasına engel olmaktır. Dolayısıyla elde edilmiş olan çözümü tamamıyla bozarak yani limit değerleri tamamen sıfırlanarak yeni bir çözüm değeri üretilmesini sağlar. Elde edilen çözüm değeri ile önceden hafızaya alınmış olan çözüm değeri karşılaştırılır. Bu iki çözüm değerinden iyi olanının hafızada tutulmasına devam edilir.

Adım 6: Maksimum döngü sayısı sağlanıncaya kadar işçi arı, gözcü arı ve kâşif arı safhası devam ettirilir. Durdurma kriteri sağlanınca algoritma sonlandırılır.

Yukarıda yer alan YAKA'nın adımlarından da anlaşıldığı üzere YAKA'yı dörde ayırmak mümkündür. Bunlar rastgele besin kaynaklarının üretilmesi, işçi arıların besin kaynaklarına gönderilmesi, gözcü arıların uygunluk değerine göre besin kaynağı seçmesi ve en son olarak da nektarı tükenen besin kaynağının terk edilmesidir. Bu noktada sırası ile yukarıda yer alan bu dört adımdan bahsetmek yerinde olacaktır [84].

3.11.2.1. Rastgele besin kaynaklarının üretilmesi

Besin kaynakları arama yapılan çözüm uzayında yer alacaktır. Dolayısıyla algoritmada ilk önce yapılması gereken şey bu besin kaynaklarının yerinin tespit edilmesidir. Besin kaynaklarının yerlerinin tespit edilmesi ile ilgili eşitlik aşağıda yer almaktadır (Denklem 3.9).

$$x_{ij} = x_j^{min} + rand(0,1)(x_j^{max} - x_j^{min}) \quad (3.9)$$

Burada besin kaynağı sayısı i ile parametre sayısı ise j ile ifade edilmektedir. Yani önceden belirlenmiş olan bir alt değer ile üst değer arasındaki değerlerden oluşan besin kaynaklarının üretilmesi sağlanmış olur [84].

3.11.2.2. İşçi arıların besin kaynaklarına gönderilmesi

Arama uzayında çözüm değerleri araştırılırken işçi arılar besin kaynaklarından bir tanesini rastgele olarak belirlerler ve bu besin kaynağının kalitesini yani çözüm değerini hesaplarlar. Elde edilen çözüm değeri hafızaya alınır. Daha sonra işçi arılar besin kaynaklarına yöneldikçe hafızadaki bilgiler problemin amacına göre güncellenerek hafızada korunmaya devam edilir. Burada çözüm değerini iyileştiren değerlerin hafızada tutulacağını hatırlatmakta fayda vardır. Bu durum aşağıda yer alan eşitlikte yer almaktadır (Denklem 3.10) [84].

$$v_{ij} = x_{ij} + \phi_{ij}(x_{ij} - x_{kj}) \quad (3.10)$$

Eşitlikte yer alan v_{ij} ile parametrelerin önceden belirlenmiş olan parametre sınırları arasında yer alması sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu durum aşağıda yer alan eşitlikte yer almaktadır (Denklem 3.11).

$$v_{ij} = \begin{cases} x_{ij}, & v_{ij} < x_j^{min} \\ v_{ij}, & x_j^{min} \leq v_{ij} \leq x_j^{max} \\ x_j^{max}, & v_{ij} > x_j^{max} \end{cases} \quad (3.11)$$

Bu bilgiler ışığı altında besin kaynağının uygunluk değeri aşağıda yer alan eşitliğe göre hesaplanır (Denklem 3.12).

$$u_i = \begin{cases} 1 / (1 + u_i), & u_i \geq 0 \\ 1 + mutlak\ deger(u_i), & u_i < 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

Burada u_i ile besin kaynağının uygunluk değeri ifade edilmektedir. Uygunluk değerinin hesaplanmasında problemin yapısı ön plana çıkmaktadır yani problemin maksimizasyon ya da minimizasyon olması durumuna göre uygunluk hesaplaması yapılmaktadır. Uygunluk değerine göre seçilen besin kaynağının çözüm değeri hesaplanır. Eğer elde edilen çözüm önceki çözümden daha kötü ise sayaç bir arttırılarak önceden belirlenmiş olan limit değeri ile karşılaştırılır. Aksi halde önceki

çözüm değerinden daha iyi bir çözüm değeri elde edilmesi durumunda ise sayaç sıfırlanır. Daha önce de belirtildiği üzere limit değeri ile karşılaştırma yapılmasının nedeni artık daha fazla iyileştirilemeyen besin kaynaklarını değerlendirme dışı bırakarak sonsuz döngüye girmeye engel olmaktır. Bu noktada kovanda bekleyerek dans alanındaki işçi arıları izleyen gözcü arılar önceden hesaplanmış olan uygunluk değerine göre ilgili besin kaynağına yöneleceklerdir.

Uygunluk değerlerinin hesaplanmasında çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlar rulet tekerleği seçim yöntemi, sıralamaya dayalı seçim yöntemi, stokastik örnekleme, turnuva yöntemi gibi yöntemlerdir. YAKA'da rulet tekerleği seçim yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde rulet tekerleği bir pasta gibi düşünülebilir. Pastanın her bir dilimi bir uygunluk değerine denk gelmektedir dolayısıyla uygunluk değeri yüksek olan çözüm değerinin seçilme olasılığı diğerlerinin seçilmesi olasılığından daha yüksektir. Aşağıda yer alan eşitlikte rulet tekerleği seçim yönteminde seçim olasılığının hesaplanış şekli yer almaktadır (Denklem 3.13).

$$p_i = \frac{uygunluk_i}{\sum_{j=1}^{SN} uygunluk_j} \quad (3.13)$$

Yukarıdaki eşitlikte $uygunluk_i$ ile i . kaynağın uygunluk değeri, SN ile işçi arı sayısı ifade edilmektedir. Yani hesaplanan uygunluk değerinin toplam uygunluk değerine oranlanması ile pastanın dilimlerinin bir diğer ifade ile rulet tekerleğinde yer alan parçaların genişlikleri elde edilmiş olmaktadır [84].

3.11.2.3. Gözcü arıların besin kaynaklarına gönderilmesi

Yukarıda yer alan eşitlikte hesaplanan uygunluk değerine göre gözcü arılar kovandan ayrılarak ilgili besin kaynaklarına yönelerek yeni bir çözüm değeri hesaplar. Elde edilen çözüm değeri önceden hesaplanmış olan ve hafızada tutulan çözüm değeri ile karşılaştırılır. İlgili çözüm değeri önceki çözüm değerinden daha iyi ise sayaç sıfırlanır aksi halde sayaç bir arttırılır. Bütün gözcü arılar besin kaynağına gidene kadar bu süreç böyle devam eder [84].

3.11.2.4. Besin kaynağının terk edilmesi, kâşif arı üretilmesi

Yukarıda yer alan ikinci ve üçüncü aşama yani işçi arıların besin kaynaklarına gönderilmesi ile gözcü arıların besin kaynaklarına gönderilmesi aşamaları tamamlandıktan sonra eğer sayaç limit değerini aşmışsa yani artık çözüm değeri daha fazla iyileştirilemiyorsa kâşif arılar görevi devralırlar.

Gerçek hayatta bu durumu şöyle açıklamak mümkündür. Bir besin kaynağının nektarı tükenmişse nektarın çıkarılmasından sorumlu olan işçi arı yeni besin kaynaklarının araştırılmasından sorumlu olmak üzere kâşif arı olmaktadır. İşte aynı gerçek arıların besin arama davranışlarında olduğu gibi YAKA'da da belirli bir limit adedince iyileştirilemeyen çözüm değeri için kâşif arılar üretilmekte ve bu kâşif arılar aracılığıyla yeni bir besin kaynağı oluşturulup bu besin kaynağının çözüm değeri hesaplanmaktadır.

Oluşturulan yeni besin kaynağının çözüm değeri önceki çözüm değeri ile karşılaştırılmakta ve elde edilen çözüm değeri iyiye hafızaya alınmakta aksi takdirde ihmâl edilmektedir [84].

Bütün bu adımlar önceden belirlenmiş olan döngü adedince gerçekleştirilerek durdurma kriteri sağlandığında algoritma sonlandırılarak döngüden çıkılır. YAKA'da ilk etapta besin sayısı kadar rastgele rotaların yer aldığı besin kaynağı oluşturulur. Aynı zamanda besin sayısı adedince deneme sayacı oluşturulur.

Besin kaynağında yer alan her bir besin satırı bir çözümü temsil etmektedir. Her bir besine ait çözüm değerleri yukarıda verilen örnekteki gibi hesaplanır. Daha sonra işçi arılar devreye girerler. İşçi arılar rastgele bir besin seçip besin satırında yer alan rotaları manüple ederler. Yani var olan rotaların yerlerini değiştirmek suretiyle önceden oluşturulmuş rastgele bir sayıya göre ekleme, yer değiştirme ve ters çevirme işlemlerini eşit olasılıkla yaparlar.

Burada üç ihtimal bulunduğundan dolayı işçi arılar bu üç ihtimalden birisini önceden oluşturulmuş rastgele bir sayıya göre gerçekleştirirler. Rota manüplasyonundan sonra elde edilen yeni rota için çözüm değeri hesaplanır. Eğer elde edilen çözüm değeri başlangıç çözüm değerinden daha iyi ise hafızaya alınır eğer daha kötü ise deneme sayacı bir arttırılır. Çözüm değeri daha iyi olduğu durumda elde edilen yeni rota besin kaynağına yerleştirilir. İşçi arı safhasından sonra gözcü arılar devreye girerler [84].

Gözcü arılar elde edilen her bir çözüm değerinin uygunluk değerlerine göre bir besin satırı seçerler ve aynı işçi arı safhasında olduğu gibi ilgili besin satırını manüple ederler. Burada gözcü arılar işçi arılardan farklı olarak uygunluk değerlerine göre besin seçerler. Bu çalışmada amaç maksimizasyon olduğundan dolayı önceden belirlenmiş rastgele sayıya bağlı kalınarak uygunluk değeri en yüksek olan besin seçilir. Mevcut rotalar değiştirildikten sonra elde edilen çözüm değeri daha iyi ise çözüm değeri hafızaya alınıp ilgili besin kaynağında besin satırı yeni besin satırı ile değiştirilir. Aksi takdirde deneme sayacı bir arttırılır [84].

Gözcü arı safhasından sonra kâşif arı safhası başlar. Kâşif arı safhasında, ilk adımda üretilmiş olan rastgele rotalardan oluşan besin kaynağı yeniden oluşturulur. Oluşturulan yeni besin kaynağında yer alan her bir besin satırının çözüm değerleri hesaplanır. Elde edilen çözüm değerleri hafızaya alınmış olan en iyi sonuçlarla karşılaştırılır. Kâşif arı safhasından sonra elde edilen çözüm değeri daha iyi ise çözüm değeri hafızaya alınıp, ilgili besin kaynağında besin satırı yeni besin satırı ile değiştirilir. Aksi takdirde deneme sayacı bir arttırılır. Böylelikle yerel maksimuma takılma riski ortadan kalkmış olur. İşçi arı safhası, gözcü arı safhası ve kâşif arı safhası işlemleri önceden belirlenmiş olan iterasyon sayısı adedince gerçekleştirilir. Yukarıda bahsi geçen manüplasyonlar üç adettir bu manüplasyonlar yer değiştirme, ekleme ve ters çevirme manüplasyonlarıdır [84].

Bu manüplasyonların nasıl gerçekleştirildiği ile ilgili bilgi vermek yerinde olacaktır [84]. 10 şehrin yer aldığı bir problem için rastgele üretilmiş olan rota şekil 3.9'daki gibi olsun;

9	4	7	6	3	5	1	10	2	8
---	---	---	---	---	---	---	----	---	---

Şekil 3.9. Rastgele üretilmiş rota

Yer değiştirme operatörü şehir sayısı aralığında yani 1 ile 10 arasında önceden belirlenmiş rastgele iki sayıya göre diziyi manüple etmeye imkân tanır. Önceden rastgele belirlenmiş olan iki sayının 2 ve 7 olduğunu varsayalım. Böyle bir durumda başlangıçta oluşturduğumuz rastgele rotanın 2. ve 7. elemanları yer değiştirilecektir ve şekil 3.10'daki hali alacaktır.

<i>Yer değiştirmeden önce</i>	9	4	7	6	3	5	1	10	2	8
<i>Yer değiştirmeden sonra</i>	9	1	7	6	3	5	4	10	2	8

Şekil 3.10. Yer değiştirme operatörü uygulanmış rota

Ekleme operatörü ise önceden belirlenmiş rastgele iki sayıya göre diziyi manüple eder. Örneğin rastgele belirlenmiş iki sayı 5 ve 8 olsun. Bu durumda dizinin 5. elemanı diziden çıkartılarak geri kalan sayılar bir sola kaydırılır. Daha sonra ise diziden ilk çıkarılan rakam ikinci rakamın yerine yerleştirilir. Ekleme operatörü ile ilgili şekil aşağıda yer almaktadır.

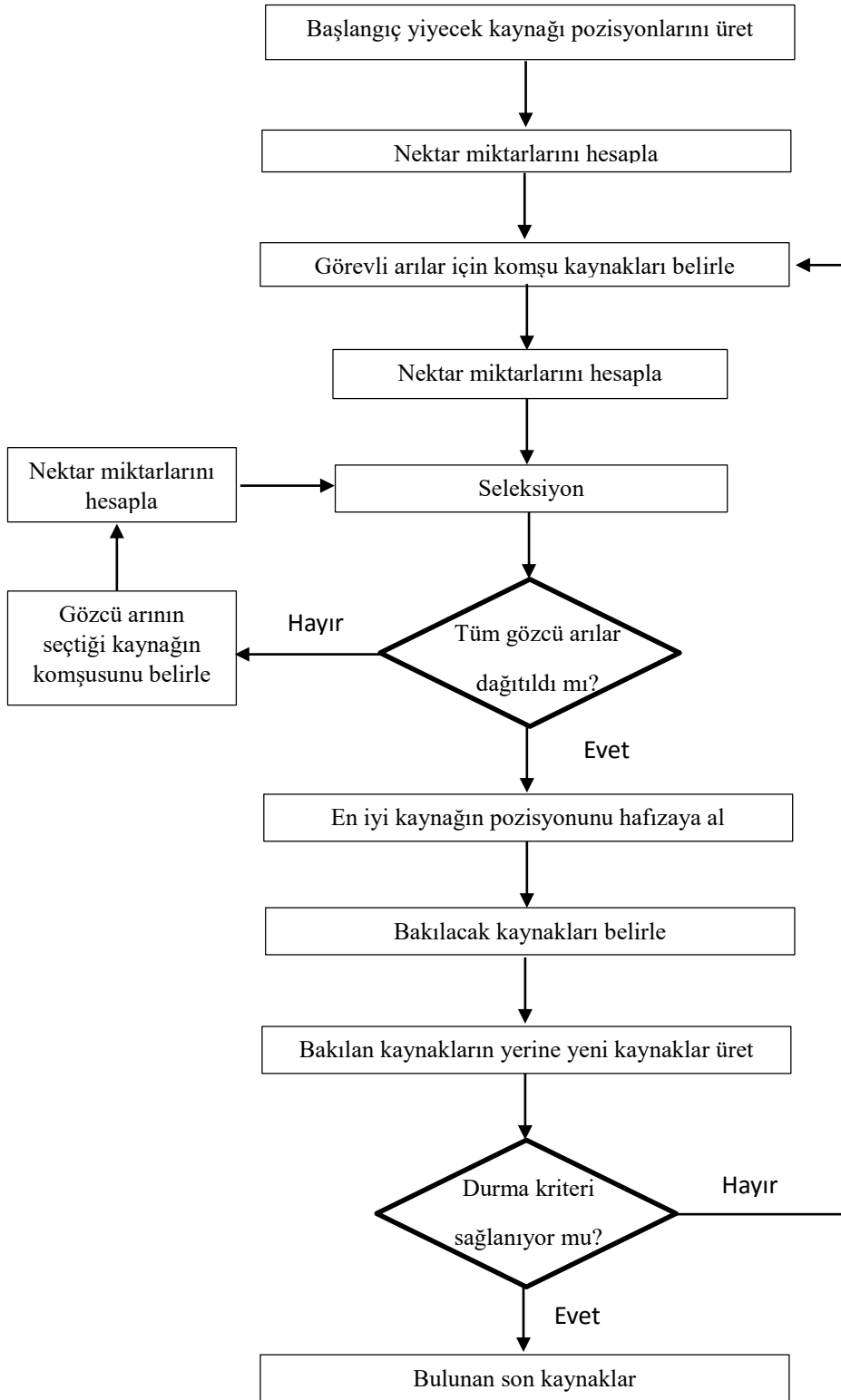
<i>Ekleme operatöründen önce</i>	9	4	7	6	3	5	1	10	2	8
<i>Ekleme operatöründen sonra</i>	9	1	7	6	5	1	10	3	2	8

Şekil 3.11. Ekleme operatörü uygulanmış rota

Ters çevirme operatörü ise yine önceden belirlenmiş rastgele iki sayıya göre gerçekleştirilir. Önceden rastgele belirlenmiş iki sayı 3 ve 9 olsun. Bu durumda dizinin 3. elemanı ile 9. elemanı arasındaki dizilim tersine çevrilir. Ters çevirme operatörü ile ilgili örnek Şekil 3.12'de yer almaktadır [84].

<i>Ters çevirme operatöründen önce</i>	9	4	7	6	3	5	1	10	2	8
<i>Ters çevirme operatöründen sonra</i>	9	1	2	10	1	5	3	6	7	8

Şekil 3.12. Ters çevirme operatörü uygulanmış rota



Şekil 3.13. YAKA algoritması [85]

BÖLÜM 4. UYGULAMA

Çalışmada, afet lojistik yardım malzemelerinin afet bölgesine ulaşması için en kısa yolun bulunması problemine çözüm aranmaktadır. Uygulama, Sakarya ilinde yaşanacak bir deprem senaryosu üzerine gerçekleştirilmiştir.

Uygulama aşamaları;

- Sakarya ili için 7,4 şiddetinde bir deprem senaryosuna ait ihtiyaç bilgileri çıkarılacaktır.
- İhtiyaçların karşılanacağı AFAD bölgesel lojistik depolarına ait genel bilgiler verilecektir.
- Afet bölgeleri ve AFAD depoları için mesafe matrisi oluşturulacaktır.
- Oluşturulan mesafe matrisi verisi, afet bölgelerinden alınan talep verileri ve depolara ait kapasite verileri Karınca Koloni Algoritması ve Yapay Arı Koloni Algoritması için hazırlanmış yazılıma entegre edilerek programlar çalıştırılacaktır.
- İki algoritmaya ait sonuç verileri karşılaştırılarak analiz edilecektir.
- Her bir algoritmaya ait parametre değerleri değiştirilerek ANOVA uygulaması yapılacaktır.

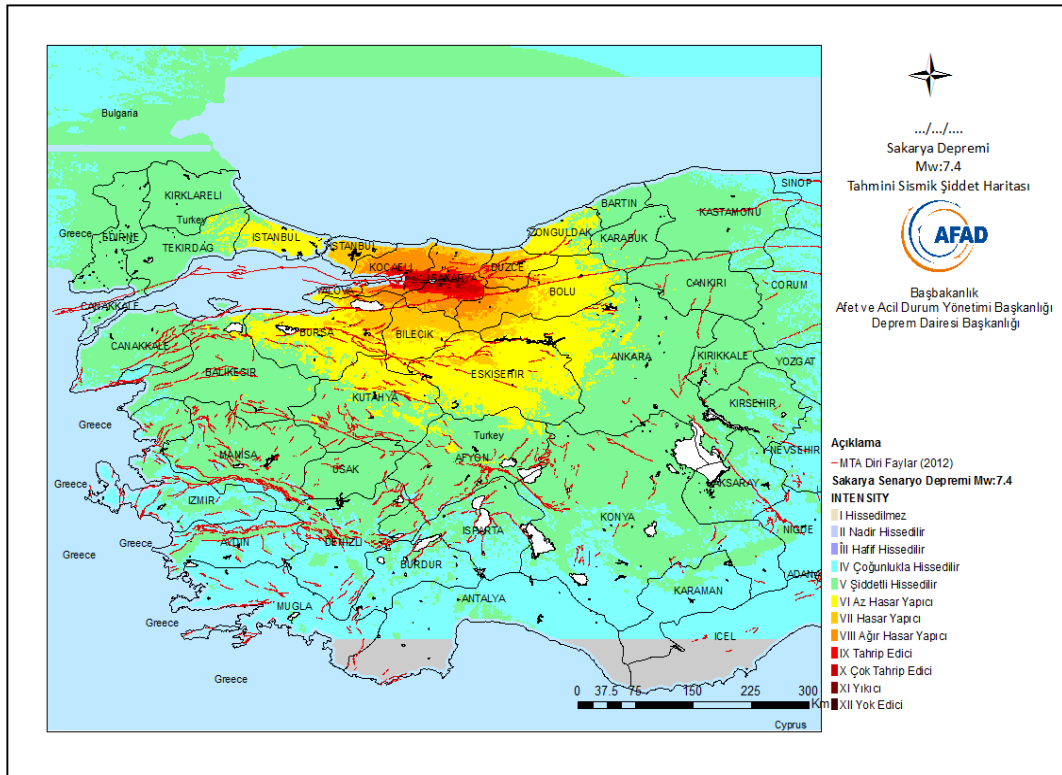
4.1. Sakarya İli Deprem Senaryosu

Sakarya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü ile yapılan birebir görüşmeler sonucu alınan bilgiler ışığında Sakarya ilinde meydana gelecek olası deprem afeti için gerekli veriler aşağıda verilmiştir [93].

Sakarya ilinde (Nüfus 917.373) Aralık ayında saat 14.48’de büyüklüğü 7,4 olan bir deprem meydana geleceği öngörülmüştür. AFAD, alınan ilk bilgiler ışığında tüm hizmet gruplarının Seviye 4’ten afete müdahale çalışmalarına başlaması çağrısı yapmıştır. AFAD Başkanlığı yerel ve destek il ekiplerine ek olarak tüm ulusal düzey hizmet gruplarının planlanan 4. seviye saha destek ekip ve ekipmanlarıyla, yapılan intikal planları çerçevesinde, AFAD ile koordineli olarak harekete geçmesini Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezleri’ne duyurmuştur.

İlk belirlemelere göre AFAD Deprem Dairesinden alınan harita ve veriler (ilçe bazında tahmini yaralı ve can kaybı ile hasarlı ve yıkık bina istatistikleri) bölümün devamında verilmektedir.

Şehre en yakın AFAD Lojistik Deposu Düzce’de olup Sakarya’ya 65 km uzaklıktadır. Bir diğer lojistik deposu Yalova’dadır ve şehre yaklaşık 130 km uzaklıktadır. Ayrıca ilde Kızılay deposu mevcuttur.



Tablo 4.1. Sakarya'da oluşacak hasar ve kayıp tahmin bilgileri [93]

İlçe	Bina Say.	Az Hasar	Orta Hasar	Ağır Hasar	Yıkık	Toplam Nüfus	Ayakt a Ted.	Hafif Yar.	Ağır Yar.	Can Kay.	Geçici Barın. (Kişi Sayısı)
Pamukova	17769	6162	1736	1834	557	27329	248	54	46	42	3645
Taraklı	6716	2207	511	539	138	6807	42	9	8	7	685
Kocaeli	20076	4512	477	523	60	1241	3	1	0	0	62
Hendek	48819	16529	5968	6441	2913	71060	1156	260	228	207	13381
Geyve	29099	9469	3481	3806	2159	47396	907	207	182	166	9331
Sapanca	23418	2574	3958	5094	10924	38605	4655	1103	1002	911	26591
Söğütü	9559	3179	719	756	182	14251	85	18	15	14	1409
Akyazı	49289	8816	9067	11073	16230	84046	7077	1666	1507	1370	46341
Kaynarca	16664	4245	550	592	83	8986	23	5	4	3	480
Ferizli	14015	4073	662	701	122	18430	62	13	10	9	1218
Karapürçek	6488	802	1131	1439	2829	12465	1397	331	300	273	8222
Adapazarı	126142	39487	19434	21580	13568	256143	7408	1700	1508	1371	71121
Karasu	63412	13515	1333	1475	160	4672	11	2	2	2	234
Arifiye	17969	2709	3309	4118	6781	38720	3865	913	827	752	23880
Serdivan	46915	12514	8646	9929	8431	100887	4883	1135	1016	924	39974
Erenler	33580	7864	6460	7575	7717	75671	4600	1075	966	878	34600
Toplam	529930	138657	67442	77475	72854	806709	36422	8492	7621	6929	281174

Tablo 4.2. Sakarya ve çevre illerde oluşabilecek hasar ve kayıp tahminleri [93]

İl	Toplam Nüfus	Ayakta Tedavi	Hafif Yaralı	Ağır Yaralı	Can Kaybı	Geçici Barınma (Kişi Sayısı)
Yalova	21352	64	13	11	10	1297
Kocaeli	73717	7331	1731	1569	1426	45255
Düzce	21241	140	30	25	23	2254
Bilecik	5485	19	4	3	3	364
Bilecik	767	2	0	0	0	40
Bursa	31830	99	20	17	15	1938
Düzce	29982	83	17	13	12	1698
Kocaeli	37245	87	18	14	13	1875
Bolu	8923	75	17	14	13	1048
Bolu	11331	72	15	13	12	1146
Düzce	12548	40	8	7	6	800
Düzce	10548	25	5	4	4	529
Düzce	14664	64	13	11	10	1162
İstanbul	2827	7	1	1	1	147
Kocaeli	99452	10542	2493	2261	2055	63533
Kocaeli	22964	108	23	19	17	1891
Kocaeli	142420	8867	2073	1865	1695	66046

Tablo 4.2. (Devamı)

Kocaeli	52479	347	75	63	57	5589
Kocaeli	140526	4801	1107	986	896	43402
Kocaeli	129592	8501	1990	1791	1628	62287
Kocaeli	45676	183	38	31	28	3417

Yukarıda yer alan iki tablo göz önüne alınarak mevcut senaryoda etkilenecek illerin ihtiyaç tablosu aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 4.3. Etkilenen illerin ihtiyaç bilgileri [93]

	Etkilenen Sayısı	Çadır	Yatak	Yatak seti	Isıtıcı	Mutfak Seti
Yalova	1385	277	1385	1385	277	277
Kocaeli	571568	114314	571568	571568	114314	114314
Düzce	6928	1386	6928	6928	1386	1386
Bilecik	432	86	432	432	86	86
Bursa	2074	415	2074	2074	415	415
Bolu	2400	480	2400	2400	480	480
İstanbul	156	31	156	156	31	31
Sakarya	297287	59457	297287	297287	59457	59457

4.2. AFAD Depoları Genel Bilgiler

Afet lojistiği kapsamında afet bölgesinde zamanında hazır bulundurulması gereken farklı kategorilerde malzeme ve ekipman bulunmaktadır. Bunlardan başlıcaları; arama ve kurtarma ekipman ve malzemeleri, sağlık araç, gereç ve malzemeleri, gıda malzemeleri, giyim malzemeleri ve barınma malzemeleridir. Bu bildiriye barınma malzemelerine yönelik yeni bir depolama ve dağıtım sistemi önerilmektedir. Afetzedelerin, zaruri ihtiyaçlarını karşılamak üzere söz konusu barınma malzemeleri; çadır, yatak, battaniye, ısıtıcı ve mutfak setidir. Bu malzemelerin muhafazası ve afet anında sevki için uygun görülen yerlerde AFAD tarafından ülkemizin 22 farklı noktasında bölgesel afet lojistik depoları kurulmuştur. Böylelikle her türlü afet durumunda hiçbir afetzedenin açıkta kalmaması ve hepsinin ihtiyaçlarının hızlı ve etkin bir şekilde karşılanması amaçlanmaktadır [94].

Söz konusu 22 depodan bir tanesi hâlihazırda var olan raflı depolardır. Kalan 21 depo için daha güvenli ve hızlı sevkiyatı başarmak üzere yardım malzemelerini konteynerde depolama ve sevkiyat sistemi tarafımızca geliştirilmiştir. Önerilen konteyner örneği Şekil 4.2’de görülmekte olup, depoda üç kat üst üste konulacaktır. Bu konteynerler konteyner taşımacılığında 40 yıl ömrü olan ve özel kilit mekanizmasına sahip konteynerlerdir [94].



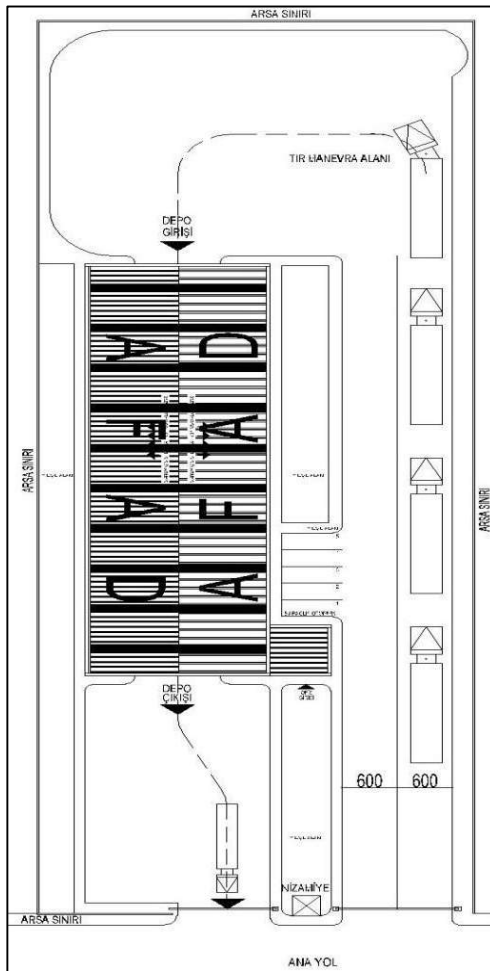
Şekil 4.2. AFAD konteyner modeli [94]

Afet sonrasında ihtiyaçların hızlı ve etkin bir şekilde karşılanması için çadır ve çadır içi malzemeler (yatak, battaniye, yatak, mutfak seti, ısıtıcı) 12,20*2,40*2,60 m dış, 12,01*2,34*2,36 m iç ölçü ebatlarında olan standart deniz konteynerlerinde depolanacaktır. Bu konteynerlerin yılda sürekli havalandırma bazlı bakımı yapılacaktır ve iki yılda tümü elden geçirilerek testleri yapılacaktır. Her malzeme kullanım süresi dolduğunda yenileri ile değiştirilecektir. Bir deniz konteynerinde tek çeşit malzeme olmak üzere 100 adet çadır, 720 adet ısıtıcı radyatör, 2000 adet battaniye, 200 adet yatak ve 1440 adet mutfak seti depolanabilmektedir. Her bir çadır için 10 battaniye, 1 mutfak seti, 5 yatak, 1 ısıtıcı radyatör olacak şekilde ve yüzde 15 emniyet stoku baz alınarak hesaplama yapılmıştır [94].

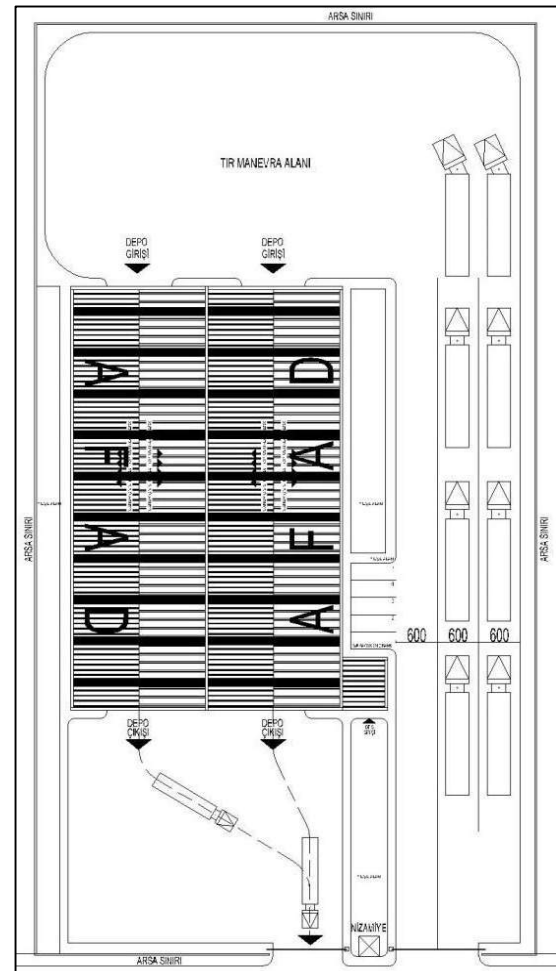
Depolarda en az yer kullanımı amacıyla konteynerler 3 kat üst üste konacaktır. Yardım malzemeleri konteynerlerin içine yerleştirilecek ve afet uyarısı geldiğinde

hızlı bir şekilde afet alanına ulaştırılması için konteynerlerin tırlara yüklenmesi tavan vinci ile yapılacaktır. Tüm ürünlerde barkod sistemiyle stok takipleri yapılarak ilk gelen ilk çıkar sistemi uygulanacak olup depolardan çıkan araçlar konteyner takip sistemi ile takip edilecektir [94].

İki tip çelik konstrüksiyon konteyner deposu inşaatı öngörülmüştür. 21 adet 48 konteynerlik depo 20 metre eninde 60 metre uzunluğunda 15 metre yüksekliğinde olup 1200 m²'dir. Tek tavan vinci çalışacaktır. İkinci tip proje olan 6 adet 96 konteynerlik depo 40 metre eninde 60 metre uzunluğunda 15 metre yüksekliğinde olup 2400 m²'dir. Bu depolarda 2 tavan vinci olacaktır. Kalan iki depoda mevcut binalardaki raflı sistem devam edecektir [94].



Şekil 4.3. 96 konteynerlik depo üstten görünüş [94]



Şekil 4.4. 48 konteynerlik depo üstten görünüş [94]

Her bir konteyner içinde afet lojistik yardım malzemeleri yer almaktadır. Bunlar; çadır, yatak, yatak seti, ısıtıcı, mutfak setidir. Her bir konteynerda bu malzemelere ait miktar bilgisi aşağıdaki tablo 4.4'te gösterilmiştir. Burada her bir çadırın 5 kişiye hitap ettiğini belirtmekte yarar vardır.

Tablo 4.4. Konteynerlardaki yardım malzemelerinin dağılımı [94]

Malzeme	Malzeme Ölçüleri (cm)	Ağırlık (kg)	Palet Ölçüleri (cm)	Paletteki Malzeme Adeti	Paletteki Malzeme Ağırlığı (kg)	Konteyner İçindeki Adet	Konteyner İçindeki Malzeme Ağırlığı (kg)
16,5 m2 Çadır	210x47x47	105	200x200	20	2.100	100	10.500
Yatak	90x190x8	6	200x200	40	240	1.200	7.200
Battaniye	40x50x10	3	200x200	400	1.200	2.000	6.000
Isıtıcı Radyatör	52x63x14,5	10	200x200	144	1.440	720	7.200
Mutfak Seti	30x30x32	15	100x120	72	1.080	1.440	21.600

Bölgesel afet lojistik depoların kurulacağı yerler, bölgelerin afet riski (deprem, sel vb.), afetten etkilenebilecek nüfus, ortalama yıllık hasar görülebilirlik oranı, altyapı, ulaşım yolları, maliyet, yardım malzemesi götürme süresi, kamu veya özel mülk, meteorolojik koşullar ve zemin etüdü özellikleri dikkate alınarak AFAD tarafından belirlenmiştir. Bir afet anında ilk yardım malzemesi aracının 1 saat 15 dakika, toplam malzeme gereksiniminin yüzde 40'ının ilk 6 saat içinde, toplam malzeme gereksiniminin tamamının 24 saat içinde depo/depolardan çıkması hedeflenmiştir. Söz konusu kriterlere göre Türkiye 15 farklı bölgeye ayrılmış olup her bir bölgede afet lojistik deposu yapılacak il veya iller aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Tablo 4.5'te her bir ildeki depoda bulunan afet lojistik yardım malzemelerinin miktarları da yer almaktadır [94].

Tablo 4.5. AFAD depo kapasite bilgileri [93, 94]

Sıra	Depo'nun Bulunduğu İl	Konteyner Sayısı	Çadır	Yatak	Yatak Seti	Isıtıcı	Mutfak Seti
1	Adana	96	48000	115200	192000	69120	138240
2	Adıyaman	48	24000	57600	96000	34560	69120
3	Afyon	96	48000	115200	192000	69120	138240
10	Balıkesir	48	24000	57600	96000	34560	69120
16	Bursa	48	24000	57600	96000	34560	69120
20	Denizli	96	48000	115200	192000	69120	138240
21	Diyarbakır	48	24000	57600	96000	34560	69120
23	Elazığ	48	24000	57600	96000	34560	69120
24	Erzincan	48	24000	57600	96000	34560	69120
25	Erzurum	96	48000	115200	192000	69120	138240
37	Kastamonu	48	24000	57600	96000	34560	69120
45	Manisa	96	48000	115200	192000	69120	138240
46	Kahramanmaraş	96	48000	115200	192000	69120	138240
48	Muğla	48	24000	57600	96000	34560	69120
49	Muş	96	48000	115200	192000	69120	138240
55	Samsun	96	48000	115200	192000	69120	138240
58	Sivas	48	24000	57600	96000	34560	69120
59	Tekirdağ	96	48000	115200	192000	69120	138240
68	Aksaray	48	24000	57600	96000	34560	69120
71	Kırıkkale	48	24000	57600	96000	34560	69120
77	Yalova	48	24000	57600	96000	34560	69120
81	Düzce	48	24000	57600	96000	34560	69120

4.3. Uzaklık Matrisi Oluşturma

Uygulama her hangi bir afet ve her hangi bir bölgeye hitap edebilmesi açısından 81 ile ait veriler GetDistance programına girilerek mesafe matrisi oluşturulmuştur. 81 il ve depo adres bilgileri tablo 4.6'da yer almaktadır. Burada kırmızı renkle belirtilmiş olan adresler bölgesel depolara aittir.

Tablo 4.6. Adres bilgileri [95]

1	Sarıçam, Adana, Türkiye
2	Hasancık Bld., Hasancık, Adıyaman, Türkiye
3	Organize Sanayi Yolu, Karşıyaka Mh., Afyon, Türkiye
4	Ağrı, Türkiye
5	Amasya, Türkiye
6	Temelli, Ankara, Türkiye
7	Antalya, Türkiye

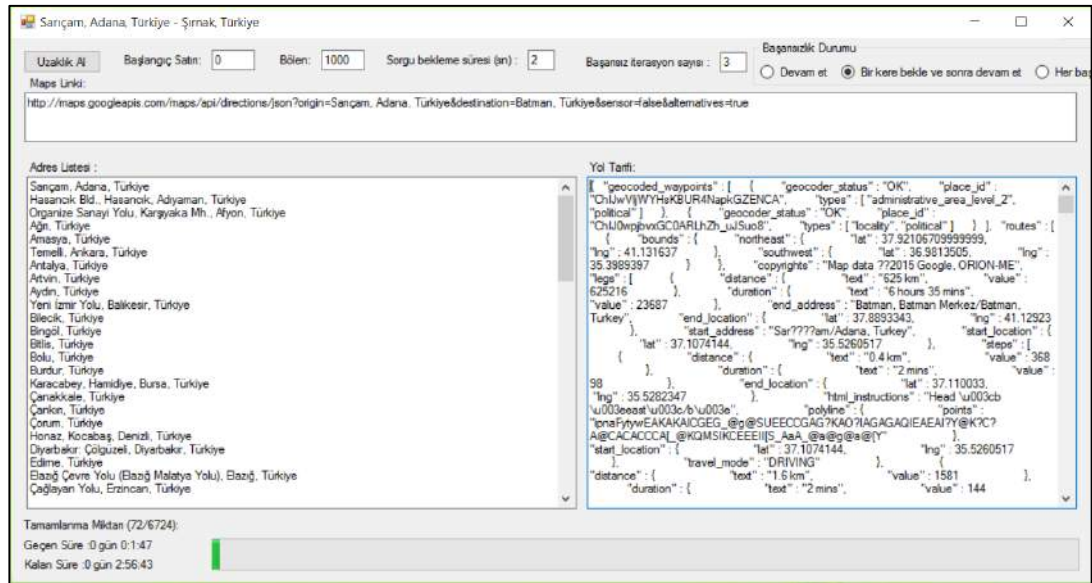
Tablo 4.6. (Devamı)

8	Artvin, Türkiye
9	Aydın, Türkiye
10	Yeni İzmir Yolu, Balıkesir, Türkiye
11	Bilecik, Türkiye
12	Bingöl, Türkiye
13	Bitlis, Türkiye
14	Bolu, Türkiye
15	Burdur, Türkiye
16	Karacabey, Hamidiye, Bursa, Türkiye
17	Çanakkale, Türkiye
18	Çankırı, Türkiye
19	Çorum, Türkiye
20	Honaz, Kocabaş, Denizli, Türkiye
21	Diyarbakır: Çölgüzeli, Diyarbakır, Türkiye
22	Edirne, Türkiye
23	Elazığ Çevre Yolu (Elazığ Malatya Yolu), Elazığ, Türkiye
24	Çağlayan Yolu, Erzincan, Türkiye
25	Yakutiye, Erzurum Havaalanı Yolu, Erzurum, Türkiye
26	Eskişehir, Türkiye
27	Gaziantep, Türkiye
28	Giresun, Türkiye
29	Gümüşhane, Türkiye
30	Hakkâri, Türkiye
31	Hatay, Türkiye
32	Isparta, Türkiye
33	Mersin, Türkiye
34	İstanbul, Türkiye
35	İzmir, Türkiye
36	Kars, Türkiye
37	Taşköprü, Kastamonu, Türkiye
38	Kayseri, Türkiye
39	Kırklareli, Türkiye
40	Kırşehir, Türkiye
41	Kocaeli, Türkiye
42	Konya, Türkiye
43	Kütahya, Türkiye
44	Malatya, Türkiye
45	Saruhanlı, Tirkeş, Manisa, Türkiye
46	Türkoğlu, Kahramanmaraş, Türkiye
47	Mardin, Türkiye
48	Akçaova, Muğla, Türkiye
49	Erzurum Caddesi, Muş, Türkiye
50	Nevşehir, Türkiye

Tablo 4.6. (Devamı)

51	Niğde, Türkiye
52	Ordu, Türkiye
53	Rize, Türkiye
54	Sakarya, Türkiye
55	Tekkeköy, Samsun, Türkiye
56	Siirt, Türkiye
57	Sinop, Türkiye
58	Sivas Havaalanı Yolu, Sivas, Türkiye
59	Tekirdağ Çevre Yolu, Tekirdağ, Türkiye
60	Tokat, Türkiye
61	Trabzon, Türkiye
62	Tunceli, Türkiye
63	Şanlıurfa, Türkiye
64	Uşak, Türkiye
65	Van, Türkiye
66	Yozgat, Türkiye
67	Zonguldak, Türkiye
68	Ataköy Köyü, Ataköy, Aksaray, Türkiye
69	Bayburt, Türkiye
70	Konya-Karaman, Karaman
71	Kırıkkale: Ahıllı Belediyesi, Ahili, Kırıkkale, Türkiye
72	Batman, Türkiye
73	Şırnak, Türkiye
74	Bartın, Türkiye
75	Ardahan, Türkiye
76	Iğdır, Türkiye
77	Yalova: Çınarcık Yolu, Yalova, Türkiye
78	Karabük, Türkiye
79	Kilis, Türkiye
80	Osmaniye, Türkiye
81	İl Afet Ve Acil Durum Müdürlüğü, Düzce, Türkiye

GetDistance programı GoogleMaps'e uyumlu olan adresler arası öklid uzaklıklarına göre uzaklık matris oluşturan bir yazılımdır. Programın "Adres Listesi" kısmına ilgili adresler girilir ardından "Uzaklık Al" kısmı tıklanarak matris oluşturulur. Şekil 4.5'te programa ait ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.5. GetDistance ile uzaklık matrisi oluşturma

Programın çalıştırılması sonucu oluşan uzaklık matrisinin bir kısmı tablo 4.7’de görülmektedir.

Tablo 4.7. Mesafe matrisi (Bir kısmı)

Mesafe Matrisi (kırmızılar depolar)	Adana	Adıyaman	Afyon	Ağrı	Amasya	Ankara	Antalya
Adana	0	338,28	634,357	950,704	597,627	554,553	583,812
Adıyaman	353,924	0	948,762	630,783	587,629	822,826	898,217
Afyon	632,653	950,735	0	1322,106	598,589	215,584	290,514
Ağrı	969,446	628,796	1321,767	0	742,085	1126,471	1421,091
Amasya	593,992	588,777	600,774	742,128	0	391,908	819,151
Ankara	538,574	820,91	215,002	1112,695	389,178	0	440,112
Antalya	581,242	897,978	295,308	1421,359	814,185	439,616	0

4.4. Algoritma Çözümleri

4.4.1. Karınca koloni algoritması çözümleri

Algoritmaya ait parametreler; α , β , Feromon miktarı ve Karınca sayısıdır.

Algoritma sonucu afet bölgelerinin hangi depodan kaç konteyner yardım malzemesi aldığına dair bilgiler aşağıdaki tablo 4.8’de yer almaktadır.

Tablo 4.8. KKA afet bölgesi depo eşleşmesi

Afet Bölgesi	Depo	Alınan
		Konteyner Adedi
77-Yalova	55-Samsun	2
81-Düzce	16-Bursa	6
11-Bilecik	77-Yalova	1
16-Bursa	10-Balıkesir	2
14-Bolu	81-Düzce	2
34-İstanbul	77-Yalova	1
41-İzmit	55-Samsun	94
41-İzmit	58-Sivas	48
41-İzmit	68-Aksaray	48
41-İzmit	59-Tekirdağ	96
41-İzmit	23-Elazığ	48
41-İzmit	71-Kırkkale	48
41-İzmit	20-Denizli	95
54-Sakarya	81-Düzce	46
54-Sakarya	16-Bursa	42
54-Sakarya	10-Balıkesir	46
54-Sakarya	45-Manisa	96
54-Sakarya	37-Kastamonu	18

4.4.1.1. KKA anova testi

Karınca kolonisine ait 4 parametre (α , β , karınca sayısı, feronom miktarı) değeri için ayrı ayrı varyans analizleri (Anova, F Testi) yapılarak grupların ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı incelenmiştir.

Analiz için belirlenen hipotezler aşağıdaki gibidir.

α parametresi için mesafeler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıdadır.

H_0 :Değişen alpha değerlerine göre mesafeler değişmez

H_1 :Değişen alpha değerlerine göre mesafeler değişir

α değeri sırasıyla -1, -0,2, 0,5 ve 2 alınarak sonuç değerleri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur. Tabloda her bir alpha değeri için ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler yer almaktadır. Buna göre en kısa mesafe değerini $\alpha = -1$ değeri vermektedir. α değeri, ilgili yolun feromon miktarının önemini belirlemektedir. Şekil 4.7’de İstatistiksel tanımlayıcı veriler yer almaktadır. Her bir α değeri için program otuz defa çalıştırılmıştır. Yüzde doksan beş güven aralığında elde edilmiş değerler şekilde görülmektedir.

Tanımlayıcı Veriler								
Mesafe								
	Çalıştırma Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Sınır		
-1,00	30	324584,3333	12893,04262	2353,93676	319769,9921	329398,6746	301894,00	358008,00
-,20	30	336530,1333	15440,80970	2819,09326	330764,4402	342295,8264	309535,00	362111,00
,50	30	342974,9667	18553,83286	3387,45093	336046,8516	349903,0817	305001,00	368327,00
2,00	30	352374,6333	16925,16380	3090,09800	346054,6733	358694,5934	310581,00	379405,00
Top.	120	339116,0167	18849,57409	1720,72282	335708,8136	342523,2197	301894,00	379405,00

Şekil 4.7. α değerleri için istatistiki değerler (KKA-mesafe)

F testi olasılık değerinin 0 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi reddedilmiştir. Yani değişen α değerlerine göre mesafeler değişmektedir. Yani feromon yoğunluğu değerinin değişimi etkili bir değişim sağlamamıştır.

VARYANS ANALİZİ					
Mesafe					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	12256170723,900	3	4085390241,300	15,784	,000
Grup içi	30025296026,067	116	258838758,845		
Toplam	42281466749,967	119			

Şekil 4.8. α değerleri için F testi sonucu (KKA-mesafe)

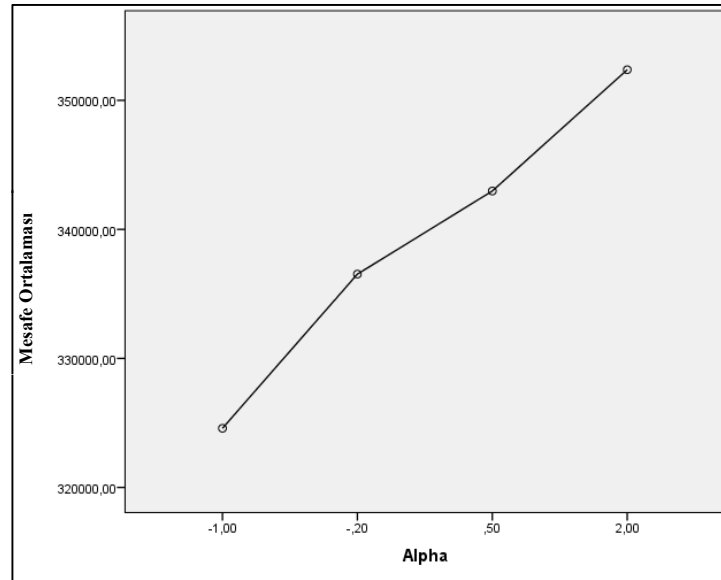
Tukey testi sonucu alpha değerleri birbirlerine yakınlık olarak 3 alt gruba ayrılmıştır. Her bir grup kendi içinde benzerdir.

Alpha değerinin -0,2 ve 0,5 değerlerini aldığı zaman çıkan mesafe sonuçları birbirine yakın çıkmaktadır. Aynı zamanda Alpha'nın 0,5 ve 2 değerlerini aldığı zaman çıkan mesafe sonuçları da birbirine yakındır.

Mesafe					
	Alpha	Çalıştırma Sayısı	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05		
			1	2	3
Tukey HSD ^a	-1,00	30	324584,3333		
	-,20	30		336530,1333	
	,50	30		342974,9667	342974,9667
	2,00	30			352374,6333
	Anlamlılık Düzeyi			1,000	,410

Şekil 4.9. α değerleri için tukey testi sonucu (KKA-mesafe)

Son olarak da en düşük mesafe sonucunun $\alpha=-1$ değerinde sağlandığı görülmektedir.



Şekil 4.10. α değerleri için mesafe sonuçları (KKA)

β parametresi için mesafeler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıda verilmiştir.

H_0 :Değişen beta değerlerine göre mesafeler değişmez

H_1 :Değişen beta değerlerine göre mesafeler değişir

β değeri sırasıyla 1, 7, 10 ve 20 alınarak sonuç değerleri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur.

Şekil 4.11'de her bir beta değerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler gösterilmektedir.

Beta oranı ile karıncaların tesadüfi olarak yol seçmesi sağlanabilir. Yani olasılıksal olarak yeni yolların araştırılması gerektiği durumlarda Beta oranının yüksek olması önem teşkil edecektir.

Tanımlayıcı Veriler								
Mesafe								
	Çalıştırma Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Üst Sınır		
1,00	30	346698,2333	21267,42267	3882,88238	338756,8472	354639,6195	304040,00	398971,00
7,00	30	329416,9000	17842,57300	3257,59324	322754,3737	336079,4263	298030,00	370471,00
10,00	30	322564,1667	15409,91135	2813,45202	316810,0112	328318,3221	300506,00	355922,00
20,00	30	337641,6667	22602,40102	4126,61496	329201,7914	346081,5419	314682,00	373021,00
Top.	120	334080,2417	21270,32272	1941,70593	330235,4700	337925,0133	298030,00	398971,00

Şekil 4.11. β değerleri için istatistiki sonuçlar (KKA-mesafe)

F testi olasılık değerinin 0 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi reddedilmiştir. Yani değişen β değerleri sonucu mesafe değişmektedir.

VARYANS ANALİZİ					
Mesafe					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	9787926019,092	3	3262642006,364	8,592	,000
Grup içi	44050842762,900	116	379748644,508		
Toplam	53838768781,992	119			

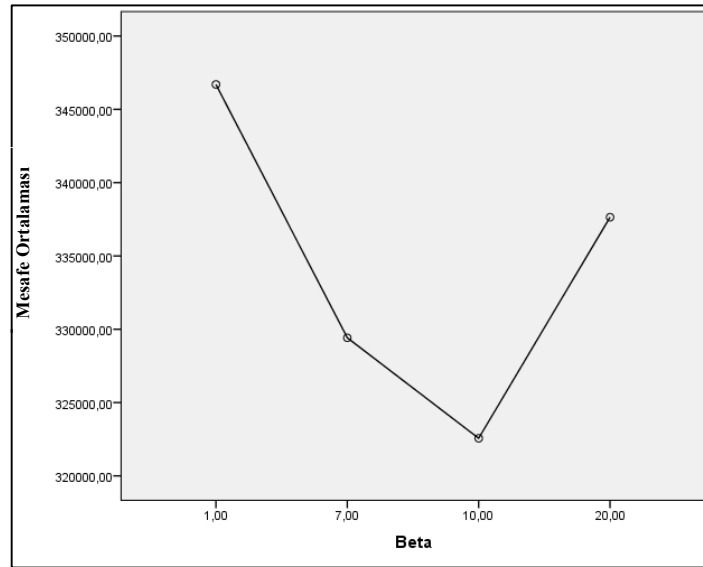
Şekil 4.12. β değerleri için F testi sonuçları (KKA-mesafe)

Tukey testi sonucu beta değerleri 3 ayrı gruba ayrılmıştır. Her grup kendi içinde benzer sonuç vermektedir. Yani her bir grup içindeki beta değerleri yakın mesafe sonucu vermektedir.

Mesafe					
	Beta	Çalıştırma Sayısı	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05		
			1	2	3
Tukey HSD ^a	10,00	30	322564,1667		
	7,00	30	329416,9000	329416,9000	
	20,00	30		337641,6667	337641,6667
	1,00	30			346698,2333
	Anlamlılık Düzeyi			,526	,363

Şekil 4.13. β değerleri için tukey testi sonuçları (KKA-mesafe)

En kısa mesafe değeri $\beta=10$ değerinde sağlanmıştır. Mesafeler arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. β değerinin 10'dan daha büyük verilmesi durumunda mesafeler uzamakta ve yardım ulaştırılması da haliyle gecikmektedir.



Şekil 4.14. β değerleri için mesafe sonuçları (KKA)

Karıncanın sayısı parametresi için mesafeler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıdaki gibidir.

H_0 :Değişen karınca sayısına göre mesafeler değişmez

H_1 :Değişen karınca sayısına göre mesafeler değişir

Karınca sayısı sırasıyla 256, 512, 4096, 32768 ve 262144 alınarak sonuç değerleri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur. Aşağıdaki tabloda her bir karınca sayısına ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler gösterilmektedir.

Tanımlayıcı Veriler								
Mesafe								
	Çalış. Say.	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Üst Sınır		
256,00	30	329651,0667	19439,52102	3549,15472	322392,2302	336909,9031	296722,00	371791,00
512,00	30	315012,2000	11001,78744	2008,64238	310904,0651	319120,3349	293658,00	344076,00
4096,00	30	302492,2333	5600,64019	1022,53232	300400,9199	304583,5467	293575,00	312401,00
32768,00	30	283132,9667	14741,92015	2691,49407	277628,2432	288637,6901	256632,00	314405,00
262144,00	30	4075,7000	153,24561	27,97869	4018,4771	4132,9229	3873,00	4395,00
Top.	150	246872,8333	123356,33408	10072,00250	226970,4237	266775,2430	3873,00	371791,00

Şekil 4.15. Karınca sayısı için istatistiki sonuçlar (KKA-mesafe)

F testi olasılık değerinin 0 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi reddedilmiştir. Yani değişen karınca sayısı mesafeyi değiştirmektedir.

VARYANS ANALİZİ					
Mesafe					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	2245619162523,533	4	561404790630,883	3754,467	,000
Grup içi	21681825889,300	145	149529833,719		
Toplam	2267300988412,833	149			

Şekil 4.16. Karınca sayısı için F testi sonuçları (KKA-mesafe)

Tukey testi sonucu karınca sayılarının değişimi 5 ayrı gruba ayrılmıştır. Yani her bir değer birbirinden farklı sonuçlar vermiştir.

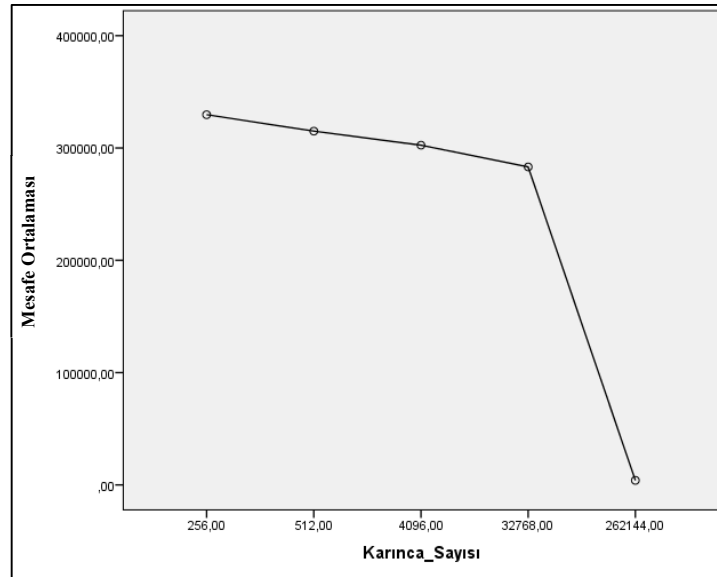
Değişen her bir karınca sayısı değeri sonucunda mesafeler açısından anlamlı bir değişim olduğu gözlenmektedir.

Karınca sayısındaki değişim mesafeleri kısaltmaktadır ancak aynı zamanda algoritmanın çözüm süresi de uzamaktadır.

Mesafe							
	Karınca_Sayısı	Çalış. Say.	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05				
			1	2	3	4	5
Tukey B ^a	262144,00	30	4075,7000				
	32768,00	30		283132,9667			
	4096,00	30			302492,2333		
	512,00	30				315012,2000	
	256,00	30					329651,0667

Şekil 4.17. Karınca sayısı için tukey testi sonuçları (KKA-mesafe)

Karınca sayısı arttıkça mesafe sonucu kısalmaktadır. Karınca sayısını arttırdıkça mesafe oldukça kısalmaktadır fakat çözüm süresi de artmaktadır.



Şekil 4.18. Karınca sayısı için mesafe sonuçları (KKA)

Feromon miktarı parametresi için mesafeler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıdaki gibidir.

H_0 :Değişen feromon miktarına göre mesafeler değişmez

H_1 :Değişen feromon miktarına göre mesafeler değişir

Feromon miktarları sırasıyla 0,1, 0,3, 0,5 ve 0,9 alınarak sonuç değerleri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur.

Aşağıdaki tabloda her bir feromon miktarına ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler gösterilmektedir.

Tanımlayıcı Veriler								
Mesafe								
	Çalıştırma Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Üst Sınır		
,10	30	337870,1333	13629,89233	2488,46650	332780,6479	342959,6188	297165,00	369348,00
,30	30	325955,6667	17274,66176	3153,90731	319505,2020	332406,1314	297952,00	365057,00
,50	30	323371,7333	18022,73028	3290,48531	316641,9352	330101,5314	294357,00	372831,00
,90	30	319512,4000	15699,47167	2866,31826	313650,1209	325374,6791	295919,00	364627,00
Toplam	120	326677,4833	17453,61405	1593,28969	323522,6106	329832,3560	294357,00	372831,00

Şekil 4.19. Feromon miktarı için istatistiki sonuçları (KKA-mesafe)

F testi olasılık değerinin 0 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi reddedilmiştir. Yani feromon miktarı değişimi mesafeleri değiştirmektedir.

VARYANS ANALİZİ					
Mesafe					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	5641885066,767	3	1880628355,589	7,127	,000
Grup içi	30608923515,200	116	263870030,303		
Toplam	36250808581,967	119			

Şekil 4.20. Feromon miktarı için F testi sonuçları (KKA-mesafe)

Tukey testi sonucu feromon miktarı değişimi 2 ayrı gruba ayrılmıştır. Her bir grup kendi içinde benzer sonuçlar vermektedir.

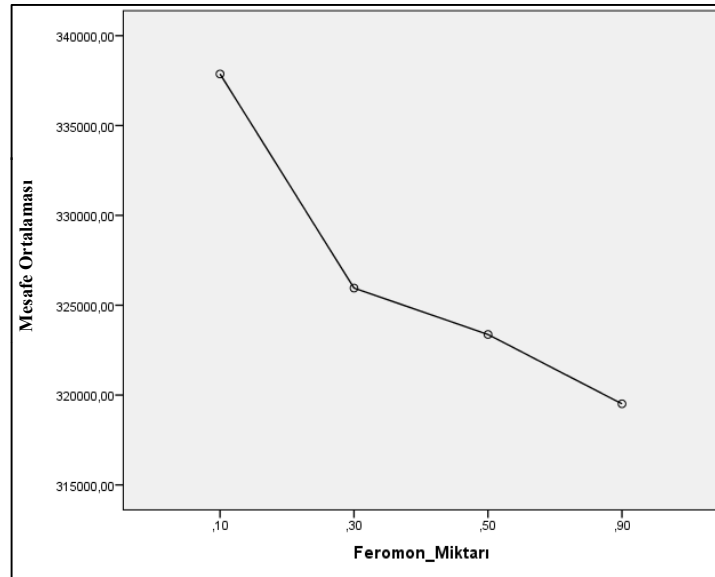
Feromon miktarının 0,1 olduğu durum diğer değerlerden biraz daha yüksek mesafe sonucu vermiştir.

Mesafe				
	Feromon_Miktarı	Çalıştırma Sayısı	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05	
			1	2
Tukey HSD ^a	,90	30	319512,4000	
	,50	30	323371,7333	
	,30	30	325955,6667	
	,10	30		337870,1333
	Anlamlılık Düzeyi			,419

Şekil 4.21. Feromon miktarı için tukey testi sonuçları (KKA-mesafe)

Feromon miktarı arttıkça mesafeler kısalmaktadır.

Feromon miktarı karıncaların zamanla kısa olan mesafe üzerinde yoğun olarak bıraktıkları sıvı oranını gösterdiği için feromonun yoğun olduğu rotaların tercih edilmesiyle mesafe kısılması da görülmektedir.



Şekil 4 22. Feromon miktarı için tukey mesafe sonuçları (KKA)

α parametresi için süreler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıdaki gibidir.

H_0 :Değişen alpha değerine göre süreler değişmez

H_1 :Değişen alpha değerine göre süreler değişir

α değeri sırasıyla -1, -0,2, 0,5 ve 2 alınarak sonuç değerleri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur.

Aşağıdaki tabloda her bir alpha değerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler gösterilmektedir.

Tanımlayıcı Veriler								
Süre								
	Çalıştırma Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Üst Sınır		
-1,00	30	31,0333	,71840	,13116	30,7651	31,3016	30,00	32,00
-,20	30	30,9333	1,48401	,27094	30,3792	31,4875	29,00	38,00
,50	30	31,0333	,80872	,14765	30,7314	31,3353	29,00	32,00
2,00	30	30,4667	2,68756	,49068	29,4631	31,4702	17,00	32,00
Toplam	120	30,8667	1,62405	,14825	30,5731	31,1602	17,00	38,00

Şekil 4.23. α değeri için istatistikî sonuçlar (KKA-süre)

F testi olasılık değerinin 0,480 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Yani alpha değerinin değişimi süreler üzerinde anlamlı bir değişime sebep olmamaktadır.

VARYANS ANALİZİ					
Süre					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	6,600	3	2,200	,831	,480
Grup içi	307,267	116	2,649		
Toplam	313,867	119			

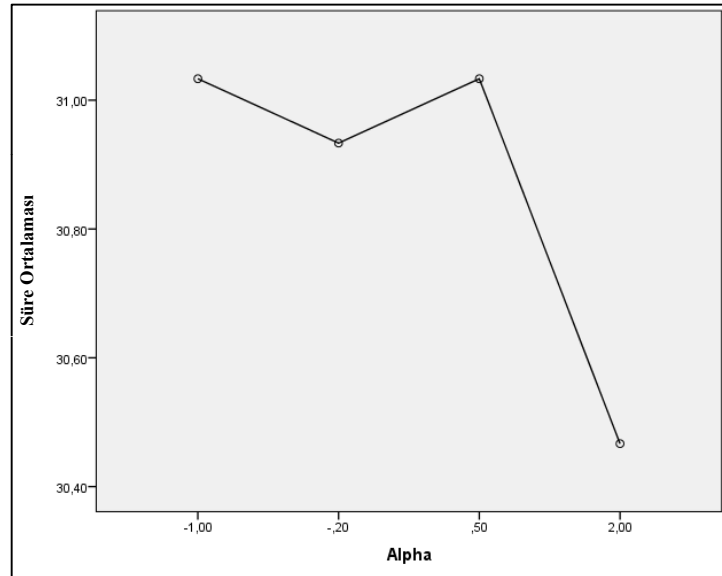
Şekil 4.24. α değeri için F testi sonuçları (KKA-süre)

Tukey testi sonucu alpha değeri değişimi tek grupta toplanmıştır çünkü alpha değeri değişse de sürelerde anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Süre			
	Alpha	Çalıştırma Sayısı	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05
			1
Tukey HSD ^a	2,00	30	30,4667
	-,20	30	30,9333
	-1,00	30	31,0333
	,50	30	31,0333
	Anlamlılık Düzeyi		,534

Şekil 4.25. α değeri için tukey testi sonuçları (KKA-süre)

Alpha miktarı arttıkça mesafelerde çok az bir farkla kısalmaktadır. Fakat çok büyük farkla bir değişim sağlanmadığı görülmektedir.

Şekil 4.26. α değerleri için süre sonuçları (KKA)

β parametresi için süreler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıda verilmiştir.

H_0 :Değişen beta değerine göre süreler değişmez

H_1 :Değişen beta değerine göre süreler değişir

β değeri sırasıyla 1, 7, 10 ve 20 alınarak sonuç değerleri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur.

Aşağıdaki tabloda her bir beta değerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler gösterilmektedir.

Tablo incelendiği zaman en kısa süre $\beta=20$ değerinde sağlanmaktadır.

Tanımlayıcı Veriler								
Süre								
	Çalıştırma Say.	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Üst Sınır		
1,00	30	31,4000	1,58875	,29007	30,8067	31,9933	29,00	36,00
7,00	30	30,8333	,74664	,13632	30,5545	31,1121	30,00	33,00
10,00	30	31,1000	1,24152	,22667	30,6364	31,5636	29,00	35,00
20,00	30	30,6333	,76489	,13965	30,3477	30,9189	29,00	32,00
Toplam	120	30,9917	1,16313	,10618	30,7814	31,2019	29,00	36,00

Şekil 4.27. β değerleri için istatistiki sonuçlar (KKA-süre)

F testi olasılık değerinin 0,059 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

Beta değerinin değişimi süreler üzerinde anlamlı bir değişime sebep olmamaktadır.

VARYANS ANALİZİ					
Süre					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	9,958	3	3,319	2,549	,059
Grup içi	151,033	116	1,302		
Toplam	160,992	119			

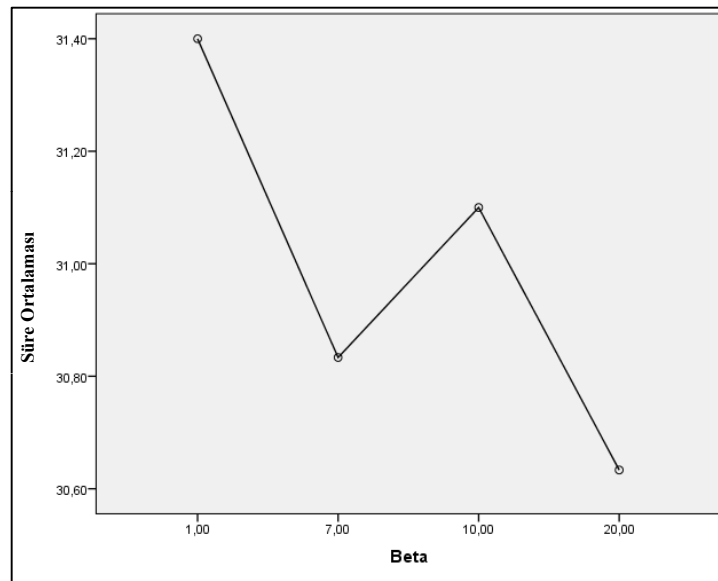
Şekil 4.28. β değerleri için F testi sonuçları (KKA-süre)

Tukey testi sonucu beta değeri değişimi tek grupta toplanmıştır çünkü değişimin sonuçları benzerdir.

Süre			
	Beta	Çalıştırma Sayısı	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05
			1
Tukey HSD ^a	20,00	30	30,6333
	7,00	30	30,8333
	10,00	30	31,1000
	1,00	30	31,4000
	Anlamlılık Düzeyi.		,051

Şekil 4.29. β değerleri için tukey testi sonuçları (KKA-süre)

Beta miktarı değişimi mesafelerde çok farklı bir değişime sebep olmamaktadır. En düşük süre $\beta=20$ değerinde sağlanmıştır fakat diğer beta değerlerinin sonuçları ile arasında çok az fark olduğu görülmektedir.

Şekil 4.30. β değerleri için süre sonuçları (KKA)

Karınca sayısı parametresi için süreler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıdaki gibidir.

H_0 :Değişen karınca sayısına göre süreler değişmez

H_1 :Değişen karınca sayısına göre süreler değişir

Karınca sayısı sırasıyla 256, 512, 4096, 32768 ve 262144 alınarak sonuç değerleri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur.

Aşağıdaki tabloda her bir karınca sayısına ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler gösterilmektedir.

Tanımlayıcı Veriler								
Süre								
	Çalıştırma Say.	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Üst Sınır		
256,00	30	30,7333	1,25762	,22961	30,2637	31,2029	29,00	34,00
512,00	30	38,0333	2,28161	,41656	37,1814	38,8853	36,00	48,00
4069,00	30	131,1333	7,77145	1,41887	128,2314	134,0352	119,00	150,00
32768,00	30	550,1000	31,07427	5,67336	538,4967	561,7033	457,00	587,00
262144,00	30	3421,2333	71,77680	13,10459	3394,4314	3448,0352	3336,00	3733,00
Toplam	150	834,2467	1312,29413	107,14837	622,5201	1045,9733	29,00	3733,00

Şekil 4.31. Karınca sayısı için istatistiki sonuçlar (KKA-süre)

F testi olasılık değerinin 0 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi reddedilmiştir. Yani değişen karınca sayısı süreleri değiştirmektedir.

VARYANS ANALİZİ					
Süre					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	256415911,507	4	64103977,877	51824,627	,000
Grup içi	179356,367	145	1236,940		
Toplam	256595267,873	149			

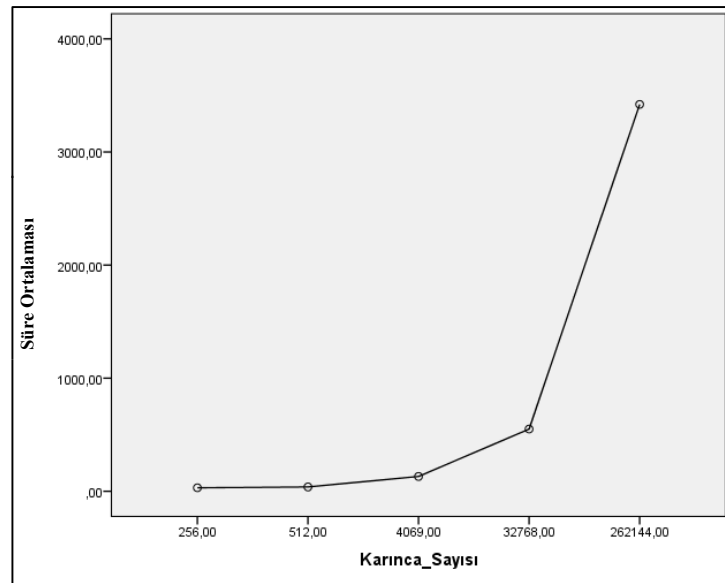
Şekil 4.32. Karınca sayısı için F testi sonuçları (KKA-süre)

Tukey testi sonucu karınca sayısı değerleri dört ayrı gruba ayrılmıştır ve her grup kendi içinde benzerdir. Karınca sayısının artması süreleri oldukça etkilemiştir.

Süre						
	Karınca_Sayısı	Çalıştırma Sayısı	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05			
			1	2	3	4
Tukey B ^a	256,00	30	30,7333			
	512,00	30	38,0333			
	4069,00	30		131,1333		
	32768,00	30			550,1000	
	262144,00	30				3421,2333

Şekil 4.33. Karınca sayısı için tukey testi sonuçları (KKA-süre)

Karınca sayısı arttıkça süre de oldukça fazla artmaktadır. Karınca sayısının artması mesafeyi oldukça kısaltmıştır aynı zamanda süreyi de fazlasıyla arttırdığı görülmektedir. Karınca sayısının artırılması ulaşım mesafesini kısaltmış olsa da çözüme ulaşmasının epey arttığı analiz sonucu elde edilen sonuçlarda görülmektedir.



Şekil 4.34. Karınca sayısı için süre sonuçları (KKA)

Feromon miktarı parametresi için süreler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıdaki gibidir.

H_0 :Değişen feromon miktarına göre süreler değişmez

H_1 :Değişen feromon miktarına göre süreler değişir

Feromon miktarları sırasıyla 0,1, 0,3, 0,5 ve 0,9 alınarak sonuç değerleri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur.

Aşağıdaki tabloda her bir feromon miktarına ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler gösterilmektedir.

Tanımlayıcı Veriler								
Süre								
	Çalıştırma Say.	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Üst Sınır		
,10	30	30,9000	,92289	,16850	30,5554	31,2446	29,00	33,00
,30	30	30,9000	,88474	,16153	30,5696	31,2304	29,00	32,00
,50	30	30,6333	1,06620	,19466	30,2352	31,0315	29,00	33,00
,90	30	30,3333	,80230	,14648	30,0338	30,6329	29,00	32,00
Toplam	120	30,6917	,94198	,08599	30,5214	30,8619	29,00	33,00

Şekil 4.35. Feromon miktarı için istatistiki sonuçlar (KKA-süre)

F testi olasılık değerinin 0,058 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Yani değişen feromon miktarı süreleri değiştirmemektedir.

VARYANS ANALİZİ					
Süre					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	6,558	3	2,186	2,561	,058
Grup içi	99,033	116	,854		
Toplam	105,592	119			

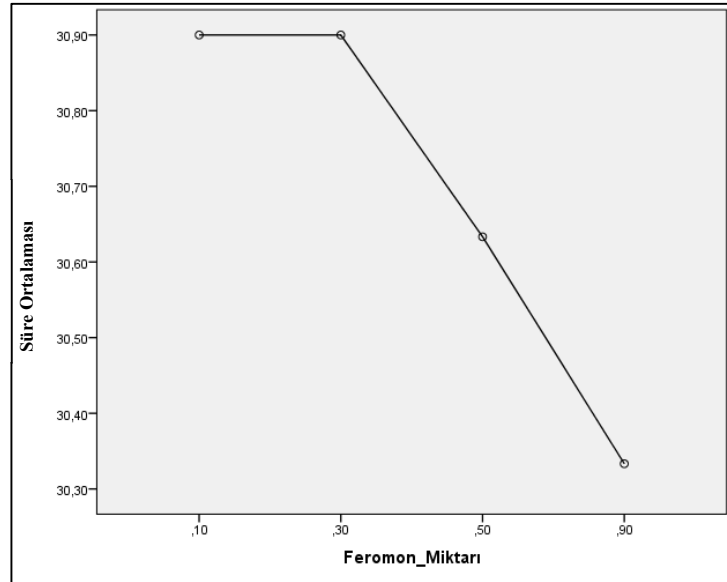
Şekil 4.36. Feromon miktarı için F testi sonuçları (KKA-süre)

Tukey testi sonucu karınca sayısı değerleri tek grupta toplanmıştır yani değişen feromon miktarına rağmen sonuçlar birbirine çok yakın çıkmaktadır.

Süre			
	Feromon_Miktarı	Çalıştırma Sayısı	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05
			1
Tukey B ^a	,90	30	30,3333
	,50	30	30,6333
	,10	30	30,9000
	,30	30	30,9000

Şekil 4.37. Feromon miktarı için tukey testi sonuçları (KKA-süre)

Karınca sayısı arttıkça süre az miktarda da olsa azalmaktadır. Fakat değerler arası anlamlı bir fark oluşmamıştır. Karınca miktarını arttırmış olmak algoritmanın çözüme ulaşmasını anlamlı bir şekilde azaltmamıştır.



Şekil 4.38. Feromon miktarı için süre sonuçları (KKA)

4.4.2. Yapay arı koloni algoritması çözümleri

Algoritmaya ait parametreler limit ve maxcycle değerleridir. Limit, algoritmada kaç deneme yapılacağını, MaxCycle da algoritmada gerçekleşen her denemedeki iterasyon sayısını ifade etmektedir.

Algoritmanın işleyişi aşağıdaki gibidir.

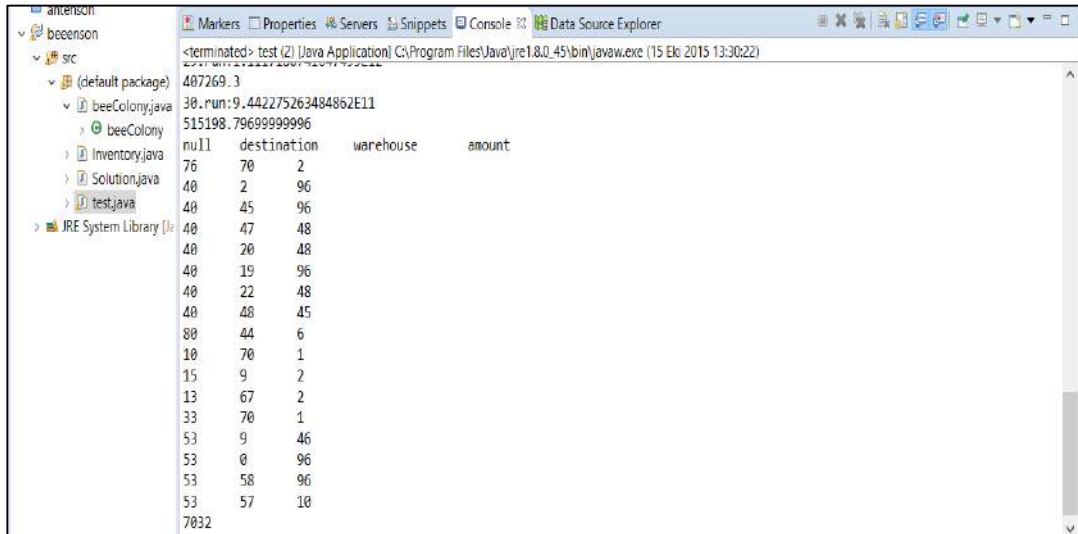
- Parametre değerleri girilir.
- Fitness değeri hesaplanır.
- Döngü işlemleri gerçekleştirilerek en iyi kaynak hafızaya alınır.
- Sonuçlar, süre ve afet bölgesi depo eşleşme bilgileri ekrana yazdırılır.

Java kodları ile yazılmış olan algoritmanın çalıştırılması sonucu ekran çıktısı aşağıdaki gibi olmaktadır.

Ekran çıktısında hesaplanan fitness değerleri, mesafe değerleri, afet bölgesi depo eşleşmeleri ve son olarak süre bilgisi yer almaktadır.

Sonuçlar;

Limit = 100 ve MaxCycle =100 iken, 535 ms de rota uzunluğunu 377044 km olarak hesaplanmıştır.



```

<terminated> test (2) [Java Application] C:\Program Files\Java\jre1.8.0_45\bin\javaw.exe (15 Eki 2015 13:30:22)
407269.3
30.:run:9.442275263484862E11
515198.79699999996
null destination warehouse amount
76 70 2
40 2 96
40 45 96
40 47 48
40 20 48
40 19 96
40 22 48
40 48 45
80 44 6
10 70 1
15 9 2
13 67 2
33 70 1
53 9 46
53 0 96
53 58 96
53 57 10
7032
  
```

Şekil 4.39. YAKA ekran görüntüsü

Algoritma sonucunda afet bölgelerine hangi depodan ne kadar destek sağlanacağı tablo 4.9'da yer almaktadır.

Tablo 4.9. YAKA afet bölgesi depo eşleşmesi

Afet Bölgesi	Depo	Alınan Konteyner Adedi
77-Yalova	10-Balıkesir	2
41-İzmit	20-Denizli	96
41-İzmit	1-Adana	96
41-İzmit	77-Yalova	48
41-İzmit	37-Kastamonu	48
41-İzmit	68-Aksaray	48
41-İzmit	2-Adıyaman	48
41-İzmit	59-Tekirdağ	93
81-Düzce	58-Sivas	6
11-Bilecik	24-Erzincan	1
16-Bursa	58-Sivas	2
14-Bolu	58-Sivas	2
34-İstanbul	55-Samsun	1
54-Sakarya	25-Erzurum	96
54-Sakarya	16-Bursa	48
54-Sakarya	23-Elazığ	48
54-Sakarya	21-Diyarbakır	48
54-Sakarya	81-Düzce	8

4.4.2.1. YAKA anova testi

Yapay Arı Kolonisi Algoritmasına ait 2 parametre (limit ve maxcycle) değeri için ayrı ayrı varyans analizleri (Anova, F Testi) yapılarak grupların ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı incelenmiştir. Hipotezler aşağıdaki gibidir.

Limit parametre değeri için mesafeler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıdaki gibidir.

H_0 :Değişen limit değerlerine göre mesafeler değişmez

H_1 :Değişen limit değerlerine göre mesafeler değişir

Limit değeri sırasıyla 10, 50, 100 ve 200 alınarak sonuç değerleri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur. Değişen limit değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler tabloda yer almaktadır.

Tanımlayıcı Veriler								
Mesafe								
	Çalıştırma Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Üst Sınır		
10,00	30	353576,5000	24441,80938	4462,44345	344449,7784	362703,2216	299936,00	395696,00
50,00	30	349751,5333	25656,40502	4684,19726	340171,2743	359331,7924	312292,00	414183,00
100,00	30	348484,0333	20450,51729	3733,73654	340847,6847	356120,3820	293750,00	388901,00
200,00	30	354023,2000	21747,77421	3970,58217	345902,4476	362143,9524	321247,00	396033,00
Toplam	120	351458,8167	22998,57075	2099,47267	347301,6511	355615,9822	293750,00	414183,00

Şekil 4.40. Limit değerleri için istatistiki sonuçlar (YAKA-mesafe)

F testi olasılık değerinin 0,735 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Yani değişen limit değeri mesafeler üzerinde anlamlı bir değişime sebep olmamaktadır.

VARYANS ANALİZİ					
Mesafe					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	684743905,233	3	228247968,411	,425	,735
Grup içi	62258432642,733	116	536710626,230		
Toplam	62943176547,967	119			

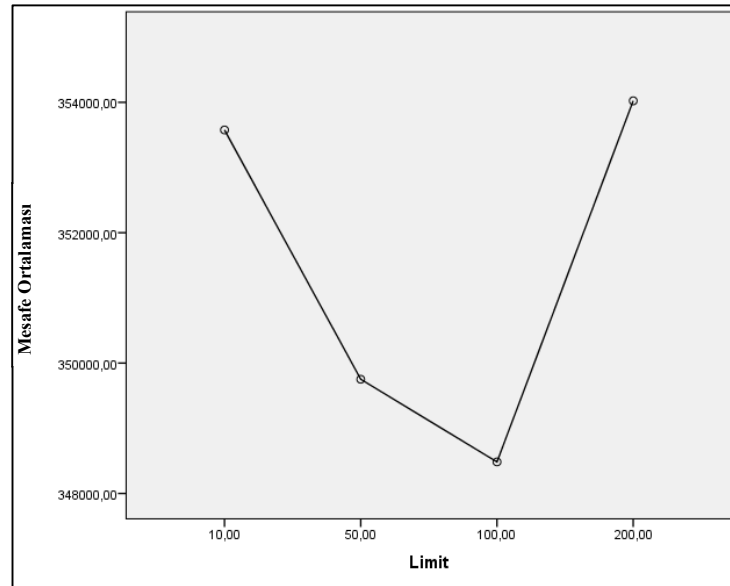
Şekil 4.41. Limit değerleri için F testi sonuçları (YAKA-mesafe)

Tukey testi sonucu limit değerleri tek grupta toplanmıştır ve sonuç değerleri benzerdir. Yani limit değeri değişse de mesafelerde anlamlı bir farklılık olmadığı şekil 4.42'de yer alan değerlerde görülmektedir.

Mesafe			
	Limit	Çalıştırma Sayısı	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05
			1
Tukey B ^a	100,00	30	348484,0333
	50,00	30	349751,5333
	10,00	30	353576,5000
	200,00	30	354023,2000

Şekil 4.42. Limit değerleri için tukey testi sonuçları (YAKA-mesafe)

Limit değıştikçe mesafe değeriinde çok fazla bir değışim olmamaktadır.



Şekil 4.43. Limit değeri için mesafe sonuçları (YAKA)

Maxcycle parametresi için mesafeler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıdaki gibidir.

H_0 :Değişen maxcycle değeriğine göre mesafeler değışmez

H_1 :Değişen maxcycle değeriğine göre mesafeler değışir

Maxcycle değeri sırasıyla 50, 100, 500 ve 1500 alınarak sonuç değeri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur.

Değişen maxcycle değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler tabloda yer almaktadır.

Tanımlayıcı Veriler								
Mesafe								
	Çalış. Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Üst Sınır		
50,00	30	352581,8000	20952,51162	3825,38775	344758,0036	360405,5964	295650,00	394731,00
100,00	30	348562,7667	24546,59667	4481,57490	339396,9168	357728,6165	314141,00	400734,00
500,00	30	348230,2000	17747,43921	3240,22427	341603,1973	354857,2027	289961,00	382066,00
1500,00	30	348328,8667	27683,01824	5054,20452	337991,8578	358665,8756	278855,00	391063,00
Toplam	120	349425,9083	22818,83340	2083,06496	345301,2317	353550,5850	278855,00	400734,00

Şekil 4 44. Maxcycle değerleri için istatistiki sonuçlar (YAKA-mesafe)

F testi olasılık değerinin 0,860 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

Değişen maxcycle değeri mesafeler üzerinde anlamlı bir değişime sebep olmamaktadır.

VARYANS ANALİZİ					
Mesafe					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	400136537,558	3	133378845,853	,251	,860
Grup içi	61563063210,433	116	530716062,159		
Toplam	61963199747,992	119			

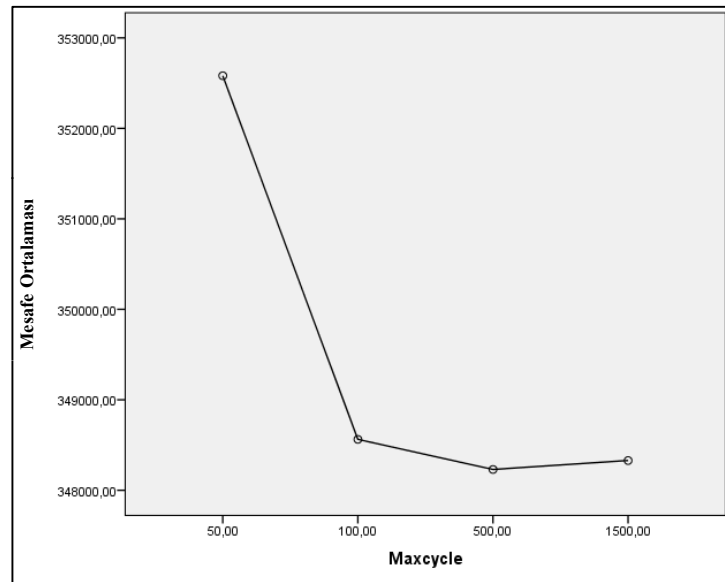
Şekil 4 45. Maxcycle değerleri için F testi sonuçları (YAKA-mesafe)

Tukey testi sonucu maxcycle değerleri tek grupta toplanmıştır ve maxcycle değerinin değişimi mesafeler üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmamıştır.

Mesafe			
	Maxcycle	Çalıştırma Sayısı	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05
			1
Tukey B ^a	500,00	30	348230,2000
	1500,00	30	348328,8667
	100,00	30	348562,7667
	50,00	30	352581,8000

Şekil 4.46. Maxcycle değerleri için F testi sonuçları (YAKA-mesafe)

Limit değıştikçe mesafe değerinde çok fazla bir değışim olmamaktadır. Maxcycle değeri 500 olduğu zaman en kısa mesafe sağlanmış olsa da diğer değerler için çıkan mesafe değerleri de birbirine yakındır ve arada çok az oluşmuştur.



Şekil 4 47. Maxcycle değerleri için mesafe sonuçları (YAKA)

Limit parametresi için süreler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıdaki gibidir.

H_0 :Değişen limit değerlerine göre süreler değışmez

H_1 :Değişen limit değerlerine göre süreler değışir

Limit değeri sırasıyla 10, 50, 100 ve 200 alınarak sonuç değerleri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur.

Değişen limit değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri tabloda yer almaktadır.

Tanımlayıcı Veriler								
Süre								
	Çalıştırma Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Üst Sınır		
10,00	30	325,8667	22,76224	4,15580	317,3671	334,3662	294,00	375,00
50,00	30	322,7333	23,36212	4,26532	314,0098	331,4569	281,00	391,00
100,00	30	312,6000	17,20585	3,14134	306,1752	319,0248	281,00	344,00
200,00	30	319,2000	19,96963	3,64594	311,7432	326,6568	281,00	359,00
Toplam	120	320,1000	21,28652	1,94318	316,2523	323,9477	281,00	391,00

Şekil 4.48. Limit değerleri için istatistiki sonuçlar (YAKA-süre)

F testi olasılık değerinin 0,090 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi reddedilmiştir.

Değişen limit değeri sürede değişime sebep olmaktadır.

VARYANS ANALİZİ					
Süre					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	2917,467	3	972,489	2,212	,090
Grup içi	51003,333	116	439,684		
Toplam	53920,800	119			

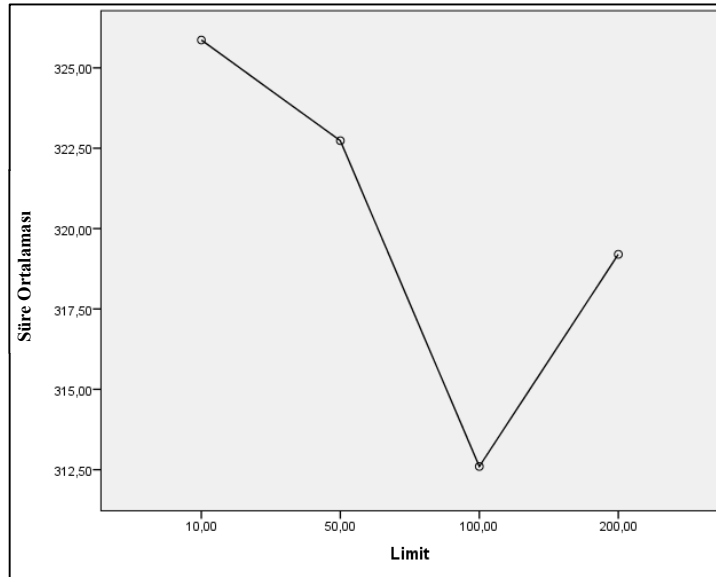
Şekil 4.49. Limit değerleri için F testi sonuçları (YAKA-süre)

Tukey testi sonucu limit değerleri iki grupta toplanmıştır ve her grup içindeki sonuç değerleri benzerdir.

Süre			
	Limit	Çalıştırma Sayısı	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05
			1
Tukey B ^a	100,00	30	312,6000
	200,00	30	319,2000
	50,00	30	322,7333
	10,00	30	325,8667

Şekil 4.50. Limit değerleri için tukey testi sonuçları (YAKA-süre)

Limit=100 iken en kısa mesafe değeri elde edilmiştir. Fakat diğer limit değerleri de yakın sonuçlar vermiştir aradaki farklar çok az olarak şekil 4.51’de de görülmektedir.



Şekil 4.51. Limit değerleri için süre sonuçları (YAKA)

Maxcycle parametresi için süreler açısından Varyans Analizi aşamaları aşağıdaki gibidir.

H_0 :Değişen maxcycle değerlerine göre süreler değişmez

H_1 :Değişen maxcycle değerlerine göre süreler değişir

Maxcycle değeri sırasıyla 50, 100, 500 ve 1500 alınarak sonuç değerleri SPSS programında Anova testine tabi tutulmuştur. Değişen maxcycle değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler tabloda yer almaktadır.

Tanımlayıcı Veriler								
Süre								
	Çalıştırma Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı		En Küçük	En Büyük
					Alt Sınır	Üst Sınır		
50,00	30	320,9000	22,72072	4,14822	312,4159	329,3841	283,00	390,00
100,00	30	555,1000	18,75679	3,42451	548,0961	562,1039	530,00	594,00
500,00	30	2434,2000	21,95670	4,00873	2426,0012	2442,3988	2400,00	2480,00
1500,00	30	6961,7000	47,88143	8,74191	6943,8208	6979,5792	6827,00	7090,00
Toplam	120	2567,9750	2677,03814	244,37903	2084,0801	3051,8699	283,00	7090,00

Şekil 4.52. Maxcycle değerleri için istatistiki sonuçlar (YAKA-süre)

F testi olasılık değerinin 0 çıkması sebebiyle H_0 hipotezi reddedilmiştir.

VARYANS ANALİZİ					
Süre					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi.
Gruplar arası	852711808,425	3	284237269,475	312110,632	,000
Grup içi	105640,500	116	910,694		
Toplam	852817448,925	119			

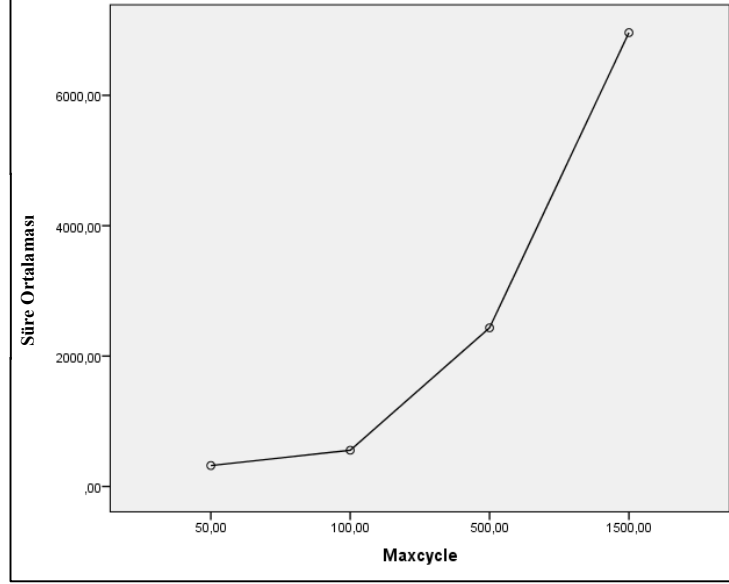
Şekil 4.53. Maxcycle değerleri için F testi sonuçları (YAKA-süre)

Tukey testi sonucu maxcycle değerleri dört grupta toplanmıştır ve değerler farklıdır.

Süre						
	Maxcycle	Çalıştırma Sayısı	Alt gruplar % 5 anlam düzeyi için = 0.05			
			1	2	3	4
Tukey B ^a	50,00	30	320,9000			
	100,00	30		555,1000		
	500,00	30			2434,2000	
	1500,00	30				6961,7000

Şekil 4.54. Maxcycle değerleri için tukey testi sonuçları (YAKA-süre)

Maxcycle arttıkça süre de artmaktadır. Maxcycle=50 değeri için en kısa süre sağlanmıştır.



Şekil 4.55. Maxcycle değerleri için süre sonuçları (YAKA)

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya üzerinde her sene hatta gün çok çeşitli afet meydana gelmektedir. Ülkemiz de doğal ve insan kaynaklı afetlerin yoğun olarak yaşandığı bir bölgedir. Yaşanan afetler sonucunda sosyo-ekonomik birçok yıpratıcı sonuçlar oluşmaktadır. Maddi ve manevi kayıplar yaşam kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır.

Doğal afetlerin önüne geçilemese de insan kaynaklı afetler bilinçlenme ve kurallara uygun hareket etme sonucu engellenebilmektedir. Her iki afet durumunun etkilerini azaltmak etkin bir Bütünleşik Afet Yönetim Sistemine bağlıdır. Afet lojistik yönetim sistemi de Afet Yönetim Sisteminin en önemli parçalarından biridir. Lojistik süreçler hem afet öncesi hem de afet sonrası aşamalarda karşımıza çıkmaktadır. Afet öncesinde yardım malzemelerinin tedarik, depolama, stok kontrol ve yenileme aşamaları yer almakta iken afet anı ve sonrasında ise afet lojistik yardım malzemelerinin afet bölgelerine en kısa sürede ulaştırılması ve stok kontrolü yer almaktadır.

Afet Lojistik Yönetiminde, afet yardım malzemesi dağıtımında en önemli faktör hız olması sebebiyle olabildiğince kısa sürede malzeme aktarımı sağlayacak yöntemler tercih edilmektedir.

Problem, 2., 3. veya 4. dereceden oluşmuş olan herhangi bir afet sonrası afet lojistik yardım malzemelerinin en kısa sürede afet bölgesine en kısa yoldan aktarılmasıdır. Probleme çözüm üretmek için birçok kurum ve yayından veri toplanmıştır. AFAD, il afet müdürlükleri ve lojistik firmaları ile yüz yüze, mail yoluyla ve telefonla iletişime geçilmiştir. Veriler toplanıldıktan sonra çözüm için matematiksel model geliştirilmiştir fakat problem çok fazla kısıt barındırması ve yapısındaki bir takım kabuller sebebiyle klasik çözüm yöntemler vasıtasıyla çözülememiştir. Problem

çözümü için Sezgisel Algoritmaların bir dalı olan metasezgisel tekniklerden ikisi önerilmiştir. Problem çözümüne metasezgisel yaklaşılmasının sebebi yerel minimumlara takılmayarak daha iyi olabilecek sonuçları kaybetmemektir.

Metasezgisel tekniklerden olan Sürü Zekâsı Teknikleri sayesinde koloni halinde yaşayan canlıların davranış biçimleri günümüz problemlerine uyarlanarak verimli sonuçlar elde edilmektedir. Önerdiğimiz modelde hedef süre ve mesafenin minimum olmasını sağlamaktır. Problem için Yapay Arı Koloni Algoritması/YAKA ve Karınca Koloni Algoritması/KKA karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

YAKA ve KKA karşılaştırmasına göre KKA, YAKA'ya göre sonuca yaklaşık 9 kat daha kısa sürede ulaşmaktadır. Mesafeler açısından bir kıyaslama yapıldığı zaman ise KKA, YAKA'ya göre yaklaşık 44057 km daha kısa mesafede dağıtımı tamamlamaktadır.

KKA, YAKA'ya göre yerel minimumlardan daha hızlı kurtulduğu için bu problem konusu için daha iyi sonuçlar üretmektedir. Algoritma parametre değerleri yerel minimumlardan kaçınmayı etkilemektedir. Varyans analizleri ile algoritmaların hangi parametre değerlerinde çok dahi kısa sürede ve daha kısa mesafede sonuca ulaştıkları ayrıntılı olarak analiz edilmiştir.

Her bir Algoritma için gerçekleştirilen Varyans Analizleri genel olarak çok anlamlı değişimlere sebep olmamıştır. Bunda problem boyutunun büyük olmasının etkisi vardır.

Önerdiğimiz model iki, üç veya dördüncü dereceden oluşan her türlü afet için kullanılabilir. Afet bölgesi, depo adresleri ve ihtiyaç verileri programa girilerek sonuç elde edilecektir. Çalışmanın problem konusu için KKA daha iyi sonuç vermiştir fakat farklı türde problemler için YAKA'nın daha iyi sonuç verdiği örnekler mevcuttur.

Ülkemizde uygulanan çalışmalar incelendiği zaman «Afet Lojistik Yönetimi» literatürünün yeterli olmadığı görülmektedir. AFAD, afet lojistiği üzerine geliştirdiği projeleri uygulamaya henüz geçirmemiştir. Çalışmalar senaryo verileri üzerinden geliştirilmektedir. Bölgesel lojistik depoların inşa ve malzeme yerleşimi 2015 yılı itibariyle tamamlanmıştır.

Gelecek çalışmalar için bir takım öneriler sunabiliriz. Afet lojistik yardım malzeme dağıtımını yapılırken afet bölgesi çevresinde belirlenecek bir mesafe kısıtı belirlenebilir Böylece afet bölgesi çevresinde oluşabilecek afetler için malzeme stoğu korunmuş olacaktır. Ayrıca afet olmuş her bölgeye yardım malzemelerinin aynı sürede ulaştırılmasını sağlayacak bir model geliştirilebilir. Konteynerlardaki malzeme miktarları üzerinde ihtiyaç planlaması çalışması yapılarak her bir konteyner içindeki her bir afet lojistik yardım malzeme sayısının eşit ya da birbirine yakın olması sağlanabilir. Bu sayede konteynerlardaki malzemelerin afetzedelere dağıtılması sonucu bazı malzemelerde artma olmasının önüne geçilmiş olacaktır.

Afet lojistik malzeme akışına engel olan problemlerden birisi de afetler sonrası oluşan enkazlardır. Ülkemizde enkaz kaldırma üzerine yeterince çalışma gerçekleştirilmiş değildir. Enkazlar ulaşım yolları üzerinde engel teşkil etmektedir ve afet lojistik çalışmalarının bir parçası da enkazın ulaşım hattı üzerinden en kısa sürede kaldırılarak yolun ulaşımına uygun hale getirilmesidir.

Ülkemizde mevcut bulunan afet lojistik depoları için kaynak planlaması çalışması gerçekleştirilebilir. Depolardan afet bölgelerine malzemeler tırlar aracılığı ile yapılmaktadır. Fakat şehir içi dağıtımda tırla uygun değildir. Bu dağıtım İl Afet Müdürlüğü araçları ve sözleşme imzalanmış yerel girmaların araçları ile yapılmaktadır. Bu konuya da bir standart getirilebilir. İl Müdürlükleri eksik ya da yetersiz olan konularda iyileştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] www.afad.gov.tr, Erişim tarihi: 02.01.2015.
- [2] Türkiye Afet M¼dahale Planı (TAMP), T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 2013.
- [3] Tanyaş, M., Günalay, Y., Aksoy, L., Küçük, B., İstanbul İlinde Olası Deprem Sonrası Lojistik Yönetimi Üzerine Bir Çalışma, II. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, Aksaray, 16-18 Mayıs 2013.
- [4] Pektaş, T., İlçe bazında afet lojistiği: Başakşehir uygulaması. Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [5] Kibar, A., N., Logistics planning for restoration of network connectivity after a disaster. Koç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, , 2013.
- [6] Döyen, A., Disaster mitigation and humanitarian relief logistics, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, 2012.
- [7] Karaman, M., M., Stocking decisions for relief aid. Koç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hesaplamalı Bilimler ve Mühendislik Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
- [8] Karaca, N., Multistage sddp approach to risk-adjusted disaster preparedness and relief distribution problem. Galatasaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [9] Kırıkçı, C., Determination of shelter locations and evacuation routes for a possible earthquake in the city of İstanbul, Bilkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [10] Özdiñç, S., Emergency response facility location in İstanbul for effective distribution of relief aid, Koç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2011.

- [11] Görmez, N., Disaster response and relief facility location for İstanbul, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- [12] Kılıcı, F., A decision support system for shelter site selection with gis integration: case for Turkey. Bilkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [13] Tanyaş, M., Günalay, Y., Aksoy, L., Küçük, B., Afet Lojistik Yönetiminde Rize İline Yönelik Yeni Model Önerisi. II. Rize Kalkınma Sempozyumu, Rize, 2013.
- [14] Kutluk, E., Afetlere müdahale için model önerisi: muhtemel İstanbul depremi uygulaması., Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi Bölümü, Doktora Tezi, 2011.
- [15] Ağdaş, M., Bali, Ö., Ballı, H., Afet lojistiği kapsamında dağıtım merkezi için yer seçimi: smaa-2 tekniği ile bir uygulama. Beykoz Akademi Dergisi, 2(1), 75-95, 2014.
- [16] Şahin, H., Debris removal during disaster response phase: a case for Turkey. Bilkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.
- [17] Yiğit, Ö., E., Farklı afet tiplerine ve oluşma olasılıklarına göre optimal depo seçimi ve malzeme miktarının belirlenmesi., Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [18] Konu, A., S., Humanitarian logistics: pre-positioning of relief items in İstanbul. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2014.
- [19] Bozkurt, M., The effects of natural disaster trends on the prepositioning implementation in humanitarian logistics networks. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [20] Marti'N-Campillo, A., Crowcroft, J., Yoneki, E., Marti. R., Evaluating opportunistic networks in disaster scenarios. Journal of Network and Computer Applications, 36, 870-880, 2013.
- [21] Saha, S., Nandi, S., Paul, P., S., Shah, V., K., Roy, A., Das, S., K., Designing delay constrained hybrid ad hoc network infrastructure for post-disaster communication. Ad Hoc Networks, 25, 406-429, 2015.

- [22] Taniguchi, E., Ferreira, F., Nicholson, A., A conceptual road network emergency model to aid emergency preparedness and response decision-making in the context of humanitarian logistics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 39, 307-320, 2012.
- [23] Udent, F., C., Jha, M., K., Mishra, S., Maji, A., Strategies to improve the efficiency of a multimodal interdependent transportation system in disasters. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 104, 805-814, 2013.
- [24] Huang, M., Smilowitz, K., Balcik, B., Models for relief routing: equity, efficiency and efficacy. *Transportation Research Part E*, 48, 2-18, 2012.
- [25] Salman, F., S., Yücel, E., Emergency facility location under random network damage: insights from the İstanbul case. *Computers & Operations Research*, 62, 266-281, 2015.
- [26] Afshar, A., Haghani, A., Modeling integrated supply chain logistics in real-time large-scale disaster relief operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46, 327-338, 2012.
- [27] Holguín-Veras, J., Pérez, N., Jaller, M., Wassenhove, L., N., V., Aros-Vera, F., On the appropriate objective function for post-disaster humanitarian logistics models. *Journal of Operations Management*, 31, 262-280, 2013.
- [28] Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., Seuring, S., Dynamic supply chain network design for the supply of blood in disasters: a robust model with real world application. *Transportation Research Part E*, 70, 225-244, 2014.
- [29] Yadav, D., K., Barve, A., Analysis of critical success factors of humanitarian supply chain: an application of interpretive structural modeling. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 12, 213-225, 2015.
- [30] Holguín-Veras, J., Jaller, M., Wassenhove, L., N., V., Pérez, N., Wachtendorf, T., On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. *Journal of Operations Management*, 30, 494-506, 2012.
- [31] Chen, J., Liu, G., Wang, H., Liu, G., Modeling and simulation on co-evolution of emergency agents for unconventional emergency water disaster. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 4(19), 3601-3609, 2012.
- [32] Caymaz, E., Akyon, F., V., Erenel, F., A model proposal for efficient disaster management: the Turkish sample. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 99, 609-618, 2013.

- [33] Rossum, J., V., Krukkert, R., Disaster management in Indonesia: logistical coordination and cooperation to create effective relief operations. *Jurnal Teknik Industri*, 12:1, 25-32, 2010.
- [34] Huang, M., Karen, R. S., Balçık, B., A continuous approximation approach for assessment routing in disaster relief. *Transportation Research Part B*, 50, 20-41, 2013.
- [35] Lin, Y., Batta, R., Rogerson, P., Blatt, A., Flanigan, M., A logistics model for emergency supply of critical items in the aftermath of a disaster. *Socio-Economic Planning Sciences*, 45, 132-145, 2011.
- [36] Özgüven, E., Özbay, K., A secure and efficient inventory management system for disasters. *Transportation Research Part C*, 29, 171-196, 2013.
- [37] Ji, G., Zhu, C., A study on emergency supply chain and risk based on urgent relief service in disasters. *Systems Engineering Procedia*, 5, 313-325, 2012.
- [38] Erden, T., Coşkun, M., Z., Acil durum servislerinin yer seçimi: analitik hiyerarşi yöntemi ve CBS entegrasyonu. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi/D Mühendislik*, 9, 6, 37-50, 2010.
- [39] Abounacer, R., Rekik, M., Renaud, J., An exact solution approach for multi-objective location-transportation problem for disaster response. *Computers & Operations Research*, 41, 83-93, 2014.
- [40] Mulyono, Y., B., Ishida Y., Clustering inventory locations to improve the performance of disaster relief operations. *Procedia Computer Science*, 35, 1388-1397, 2014.
- [41] Holguin-Veras, J., Jaller, M., Wachtendorf T., Comparative performance of alternative humanitarian logistic structures after the port-au-prince earthquake: aces, pies, and cans. *Transportation Research Part*, 46, 1623-1640, 2012.
- [42] Zhan, S., Liu, N., Ye, Y., Coordinating efficiency and equity in disaster relief logistics via information updates. *International Journal of Systems Science*, 45:8, 1607-1621, 2014.
- [43] Blistanova, M., Branko, K., Imrich, K., Emil, W., Data preparation for logistic modeling of flood crisis management. *Procedia Engineering*, 69, 1529-1533, 2014.
- [44] Gözaydin, O., Can, T., Deprem yardım istasyonları için lojistik merkezi seçimi: Türkiye örneği. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 6, 2, (17-31), 2013.

- [45] Schweinberger, M., Petrescu-Prahova, M., Vu, D., Q., Disaster response on september 11, 2001 through the lens of statistical network analysis. *Social Networks*, 37, 42-55, 2014.
- [46] Wohlgemuth, S., Oloruntoba, R., Clausen, U., Dynamic vehicle routing with anticipation in disaster relief. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46, 261-271, 2012.
- [47] Çatay, B., Başar, A., Ünlüyurt, T., İstanbul'da acil yardım istasyonlarının yerlerinin planlanması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 19:4, 20-35, 2008.
- [48] Aktaş, E., Özaydın, Ö., Ülengin, F., Önsel, Ş., Ağaran, B., İstanbul'da itfaiye istasyonu yerlerinin seçimi için yeni bir model. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 22:4, 2-12, 2011.
- [49] Gürbüz, Ü., Acil lojistik yardım operasyonu deprem lojistiği karar destek sistemi: alyo-dlkds (olası İstanbul depremi uygulaması). *Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Harekât Araştırması Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi*, 2011.
- [50] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun (5902), Tertip: 5 Cilt: 48, Resmi Gazete, 2009.
- [51] Ergünay, O., Afet Yönetiminde Kurumsal Yapılanma ve Mevzuat Nedir? Nasıl Olmalıdır?, İstanbul Depremine Beklerken Sorunlar ve Çözümler Bildiriler Kitabı, Chp İstanbul Deprem Sempozyumu, İstanbul, 97-108, , 2008.
- [52] <http://www.ifrc.org/>, Erişim Tarihi: 08.01.2015.
- [53] Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018: Afet Yönetiminde Etkinlik T. C. Kalkınma Bakanlığı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Kalkınma Bakanlığı Yayınları, Ankara, 2014.
- [54] Guha-Sapir, D., Hoyois, P., Below, R., Annual Disaster Statistical Review 2013 The Numbers and Trends, Centre for Research on The Epidemiology of Disasters (Cred) Institute of Health and Society (Irss) Université Catholique De Louvain-Brussels, Belgium, 2013.
- [55] Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A., Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bölgeleri Envanteri. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2008.
- [56] 2013-2017 Stratejik Planı, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 2012.

- [57] Afetlere Hazırlık ve Kentsel Risk Yönetimi Komisyonu Raporu, Kentleşme Şûrası, Ankara, 2009.
- [58] <https://tabb-analiz.afad.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 10.01.2015.
- [59] Ersoy, Ş., 2013 Afet Raporu “Dünya ve Türkiye”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi, İstanbul, 2013.
- [60] <http://www.koeri.boun.edu.tr/>, Erişim tarihi: 10.01.2015.
- [61] 2014-2023 İklim Değişikliği ve Buna Bağlı Afetlere Yönelik Yol Haritası Belgesi, Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 2014.
- [62] <http://www.mgm.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 11.01.2015.
- [63] <http://www.tema.org.tr/>, Erişim Tarihi: 11.01.2015
- [64] Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Dergisi. Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, 4, Ankara, 2014.
- [65] 2014-2023 Büyük Endüstriyel Kazalar Yol Haritası Belgesi, Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 2014.
- [66] EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster database-www.em-dat.net-Universite Catholique de Louvain-Brussels-Belgium. Erişim Tarihi:10.01.2015.
- [67] <http://www.tuik.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 12.01.2015.
- [68] Türkiye’deki Suriyeli Sığınmacılar, 2013 Saha Araştırması Sonuçları. Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 2013.
- [69] Suriye’den Türkiye’ye Nüfus Hareketleri Kardeş Topraklarındaki Misafirlik. Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 2014.
- [70] www.unhcr.org.tr, Erişim Tarihi: 12.01.2015.
- [71] http://tr.wikipedia.org/wiki/Arap_Bahar%C4%B1, Erişim Tarihi: 03.02.2015.
- [72] Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Dergisi. Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, 3, 2014.

- [73] Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı, Türkiye’de Doğal Afetle Konulu Ülke Stratejik Raporu, Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı, Ankara, 2014.
- [74] Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı 2012-2023. Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 2012.
- [75] Afet Yönetiminde Ekinlik. Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı Yayınları, Ankara, 2014.
- [76] Demirci, A., Karakuyu, M., Afet yönetiminde coğrafi bilgi teknolojilerinin rolü. Doğu Coğrafya Dergisi, 12, 2004.
- [77] Özmen, B., , Nurlu, M., Kuterdem, K., Temiz, A., Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 23-25 Mart 2005.
- [78] Yodmani, S., Disaster risk management and vulnerability reduction: protecting the poor, The Asia and Pacific Forum on Poverty, 2001.
- [79] Çevik, S., Kaya, S., Türkiye’nin lojistik potansiyeli ve İzmir’in lojistik faaliyetleri açısından durum (swot) analizi. İzmir Ticaret Odası Ar&Ge Bülten, Sektörel, 2010.
- [80] Erkan, B., Türkiye’de lojistik sektörü ve rekabet gücü, ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi (ASSAM - UHAD),1, 2014.
- [81] Ersoy, P., Börühan, G. Lojistik süreçler açısından afet lojistiğinin önemi, Finans Politik & Ekonomik Yorumlar, 50:578, 2013.
- [82] Tanyaş, M., Günalay, Y, Aksoy, L., Küçük, B., İstanbul İli Afet Lojistik Planı Kılavuzu, Lojistik Derneği, İstanbul, 2013.
- [83] Demircioğlu, M., Araç rotalama probleminin sezgisel bir yaklaşım ile çözümlenmesi üzerine bir uygulama, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, Doktora Tezi, 2009.
- [84] Özdemir, M., Zaman kısıtı altında takım oryantiring problemlerinin yapay arı kolonisi yaklaşımı ile çözümü, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2013
- [85] Akyol, S., Alataş, B., Güncel sürü zekâsı optimizasyon algoritmaları. Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi, 1, 36-50, 2012.
- [86] Kayışlı, K., Yapay Zeka Sunusu. Gelişim Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü.

- [87] Onan, A., Metasezgisel yöntemler ve uygulama alanları, Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi,17:2, 113-128, 2013.
- [88] Gerşil, M., Alkaya, A., Gezgin Satıcı Problemi için Sezgisel Metotların Performans Analizi, XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, 23-24 Haziran 2011.
- [89] Apaydın, Ö., Türkkan, A., Endüstriyel Çizelgeme Dersi Projesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2013.
- [90] Çayıroğlu, İ., İleri Algoritma Analizi, Tabu Arama Algoritması (Tabu Search) Notları. Karabük Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü.
- [91] Küçük, B., Özdeş paralel makineli bir üretim sisteminin karınca koloni algoritması ile çizelgelenmesi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, Doktora Tezi , 2010.
- [92] Çayıroğlu, İ., İleri Algoritma Analizi, Karınca Koloni Algoritması Notları. Karabük Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü.
- [93] AFAD Planlama Birimi ve Sakarya İl Afet Müdürlüğü ile telefon görüşmeleri ve bireysel görüşmeler.
- [94] Tanyaş, M., , Kılıç, E., Küçük, B., Bölgesel Afet Lojistik Depo Tasarımı. III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, Trabzon, 15-17 Mayıs 2014.
- [95] www.google.com/maps/, Erişim Tarihi: 02.02.2015.

EKLER

EK A: Matematiksel Model

m=22 depo, n= 81 il

Karar değişkenleri: x_{ij} , i. depo ile j. il arası gidiş

c_{ij} , i. depo ile j. İl arası mesafe

a_i , $i=1,2,\dots,22$ her bir deponun kapasitesi

b_j , $j=1,2,\dots,81$ her bir depodan talep edilen malzeme miktarı

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^{22} \sum_{j=1}^{81} c_{ij} x_{ij}$$

$$Z_{min} = x_{11} + x_{12} + x_{13} + \dots + x_{2281}$$

Kapasite/sunum kısıtı

$$\sum_{j=1}^{81} x_{1j} \leq a_1 \quad \text{1. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{2j} \leq a_2 \quad \text{2. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{3j} \leq a_3 \quad \text{3. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{4j} \leq a_4 \quad \text{4. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{5j} \leq a_5 \quad \text{5. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{6j} \leq a_6 \quad \text{6. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{7j} \leq a_7 \quad \text{7. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{8j} \leq a_8 \quad \text{8. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{9j} \leq a_9 \quad \text{9. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{10j} \leq a_{10} \quad \text{10. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{11j} \leq a_{11} \quad \text{11. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{12j} \leq a_{12} \quad \text{12. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{13j} \leq a_{13} \quad \text{13. depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{14j} \leq a_{14} \quad 14. \text{ depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{15j} \leq a_{15} \quad 15. \text{ depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{16j} \leq a_{16} \quad 16. \text{ depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{17j} \leq a_{17} \quad 17. \text{ depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{18j} \leq a_{18} \quad 18. \text{ depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{19j} \leq a_{19} \quad 19. \text{ depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{20j} \leq a_{20} \quad 20. \text{ depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{21j} \leq a_{21} \quad 21. \text{ depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{22j} \leq a_{22} \quad 22. \text{ depodan etkilenen her bir ile dağıtım}$$

Talep (Etkilenen) kısıtı

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i1} \leq b_1 \quad 1. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i2} \leq b_2 \quad 2. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i3} \leq b_3 \quad 3. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i4} \leq b_4 \quad 4. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i5} \leq b_5 \quad 5. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i6} \leq b_6 \quad 6. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i7} \leq b_7 \quad 7. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i8} \leq b_8 \quad 8. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i9} \leq a_9 \quad 9. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i10} \leq b_{10} \quad 10. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i11} \leq b_{11} \quad 11. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i12} \leq b_{12} \quad 12. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i13} \leq b_{13} \quad 13. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i14} \leq b_{14} \quad 14. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i15} \leq b_{15} \quad 15. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i16} \leq b_{16} \quad 16. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i17} \leq b_{17} \quad 17. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i18} \leq b_{18} \quad 18. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i19} \leq b_{19} \quad 19. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i20} \leq b_{20} \quad 20. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i21} \leq b_{21} \quad 21. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i22} \leq b_{22} \quad 22. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i23} \leq b_{23} \quad 23. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i24} \leq b_{24} \quad 24. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i25} \leq b_{25} \quad 25. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i26} \leq b_{26} \quad 26. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i27} \leq b_1 \quad 27. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i28} \leq b_{28} \quad 28. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i29} \leq b_{29} \quad 29. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i30} \leq b_{30} \quad 30. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i31} \leq b_{31} \quad 31. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i32} \leq b_{32} \quad 32. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i33} \leq b_{33} \quad 33. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i34} \leq b_{34} \quad 34. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i35} \leq b_{35} \quad 35. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i36} \leq b_{36} \quad 36. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i37} \leq b_{37} \quad 37. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i38} \leq b_{38} \quad \text{38. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i39} \leq b_{39} \quad \text{39. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i40} \leq b_{40} \quad \text{40. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i41} \leq b_{41} \quad \text{41. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i42} \leq b_{42} \quad \text{42. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i43} \leq b_{43} \quad \text{43. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i44} \leq b_{44} \quad \text{44. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i45} \leq b_{45} \quad \text{45. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i46} \leq b_{46} \quad \text{46. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i47} \leq b_{47} \quad \text{47. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i48} \leq b_{48} \quad \text{48. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i49} \leq b_{49} \quad \text{49. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i50} \leq b_{50} \quad \text{50. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i51} \leq b_{51} \quad \text{51. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i52} \leq b_{52} \quad \text{52. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i53} \leq b_{53} \quad \text{53. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i54} \leq b_{54} \quad \text{54. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i55} \leq b_{55} \quad \text{55. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i56} \leq b_{56} \quad \text{56. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i57} \leq b_{57} \quad \text{57. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i58} \leq b_{58} \quad \text{58. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i59} \leq b_{59} \quad \text{59. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i60} \leq b_{60} \quad \text{60. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i61} \leq b_{61} \quad \text{61. ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i62} \leq b_{62} \quad 62. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i63} \leq b_{63} \quad 63. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i64} \leq b_{64} \quad 64. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i65} \leq b_{65} \quad 65. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i66} \leq b_{66} \quad 66. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i67} \leq b_{67} \quad 67. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i68} \leq b_{68} \quad 68. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i69} \leq b_{69} \quad 69. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i70} \leq b_{70} \quad 70. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i71} \leq b_{71} \quad 71. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i72} \leq b_{72} \quad 72. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i73} \leq b_{73} \quad 73. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i74} \leq b_{74} \quad 74. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i75} \leq b_{75} \quad 75. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i76} \leq b_{76} \quad 76. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i77} \leq b_{77} \quad 77. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i78} \leq b_{78} \quad 78. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i79} \leq b_{79} \quad 79. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i80} \leq b_{80} \quad 80. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

$$\sum_{j=1}^{22} x_{i81} \leq b_{81} \quad 81. \text{ ildeki etkilenen kişilerin her depodan talepleri}$$

EK B: Karınca koloni algoritması kodları (Bir kısmı)

```
package ant;
import java.io.BufferedReader;
import java.io.File;
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.util.Arrays;
```

```

import java.util.LinkedList;
import java.util.Vector;
import java.util.concurrent.ExecutionException;
import java.util.concurrent.ExecutorCompletionService;
import java.util.concurrent.ExecutorService;
import java.util.concurrent.Executors;

import cern.jet.random.Uniform;

public final class AntColonyOptimization {

    public static final double ALPHA = -0.2d;
    public static final double BETA = 7d;
    public static final double Q = 0.0001d; // somewhere between 0 and 1
    public static final double PHEROMONE_PERSISTENCE = 0.3d; // between 0 and 1
    public static final double INITIAL_PHEROMONES = 0.8d; // can be anything
    public static final int numOfAgents = 256; // 2048 * 20;
    private static final int poolSize = Runtime.getRuntime().availableProcessors();
    private Uniform uniform;
    private final ExecutorService threadPool = Executors.newFixedThreadPool(poolSize);
    private final ExecutorCompletionService<WalkedWay> agentCompletionService = new
    ExecutorCompletionService<WalkedWay>(
        threadPool);
    final double[][] matrix;
    final double[][] invertedMatrix;
    private final double[][] pheromones;
    private final Object[][] mutexes;
    public AntColonyOptimization() throws IOException {
        matrix = readMatrixFromFile();
        invertedMatrix = invertMatrix();
        pheromones = initializePheromones();
        mutexes = initializeMutexObjects();
        uniform = new Uniform(0, matrix.length - 1, (int) System.currentTimeMillis());
    }
    private final Object[][] initializeMutexObjects() {
        final Object[][] localMatrix = new Object[matrix.length][matrix.length];
        int rows = matrix.length;
        for (int columns = 0; columns < matrix.length; columns++) {
            for (int i = 0; i < rows; i++) {
                localMatrix[columns][i] = new Object();
            }
        }
        return localMatrix;
    }
    final double readPheromone(int x, int y) {
        return pheromones[x][y];
    }
    final void adjustPheromone(int x, int y, double newPheromone) {
        synchronized (mutexes[x][y]) {
            final double result = calculatePheromones(pheromones[x][y], newPheromone);
            if (result >= 0.0d) {
                pheromones[x][y] = result;
            } else {
                pheromones[x][y] = 0;
            }
        }
    }
    private final double calculatePheromones(double current, double newPheromone) {
        final double result = (1 - AntColonyOptimization.PHEROMONE_PERSISTENCE) * current
            + newPheromone;
        return result;
    }
    final void adjustPheromone(int[] way, double newPheromone) {
        synchronized (pheromones) {
            for (int i = 0; i < way.length - 1; i++) {
                pheromones[way[i]][way[i + 1]] = calculatePheromones(
                    pheromones[way[i]][way[i + 1]], newPheromone);
            }
            pheromones[way[way.length - 1]][way[0]] = calculatePheromones(
                pheromones[way.length - 1][way[0]], newPheromone);
        }
    }
    private final double[][] initializePheromones() {
        final double[][] localMatrix = new double[matrix.length][matrix.length];
        int rows = matrix.length;

```

```

    for (int columns = 0; columns < matrix.length; columns++) {
        for (int i = 0; i < rows; i++) {
            localMatrix[columns][i] = INITIAL_PHEROMONES;
        }
    }
    return localMatrix;
}
private final double[][] readMatrixFromFile() throws IOException {
    double[][] uzaklik =
    {0,338.28,634.357,950.704,597.627,554.553,583.812,994.206,917.314,961.041,776.572,611.013,717.475,706.392,666.038,94
    1.283,1124.54,584.932,575.655,774.542,501.755,1206.14,466.305,670.159,798.793,694.456,203.086,711.293,687.726,911.791
    ,171.321,629.702,110.144,971.743,962.433,1000.09,744.572,243.292,1181.614,374.2,873.29,370.222,730.01,365.273,930.381,
    153.034,539.442,910.031,716.147,281.642,205.907,705.977,984.097,821.255,763.422,698.647,867.344,432.836,1060.936,489.
    699,813.713,609.623,355.402,744.906,882.178,447.486,794.476,287.325,772.806,288.737,475.545,611.361,716.282,811.48,10
    23.084,1047.911,916.239,739.469,205.959,78.038,755.998},...};

    return uzaklik;
}

private final double[][] invertMatrix() {
    double[][] local = new double[matrix.length][matrix.length];
    for (int i = 0; i < matrix.length; i++) {
        for (int j = 0; j < matrix.length; j++) {
            local[i][j] = invertDouble(matrix[i][j]);
        }
    }
    return local;
}

private final double invertDouble(double distance) {
    if (distance == 0)
        return 0;
    else
        return 1.0d / distance;
}

private final double calculateEuclidianDistance(double x1, double y1, double x2, double y2) {
    return Math.abs((Math.sqrt(Math.pow(x2 - x1, 2) + Math.pow(y2 - y1, 2))));
}

int[][] ihtiyac={ {2,76},
                  {477,40},
                  {6,80},
                  {1,10},
                  {2,15},
                  {248,53}};

int depo[][]={ {1,96},
               {2,48},
               {3,96},
               {10,48},
               {16,48},
               {20,96},
               {21,48},
               {23,48},
               {24,48}};

final double start() throws InterruptedException, ExecutionException {
    WalkedWay bestDistance = null;

    int agentsSend = 0;
    int agentsDone = 0;
    int agentsWorking = 0;
    int[][] depo1=null;
    depo1=new int[numOfAgents/ihtiyac.length][depo.length][depo[0].length];
    OptimizationResult[] results=new OptimizationResult[numOfAgents/ihtiyac.length];
    for(int x=0;x<numOfAgents/ihtiyac.length;x++){
        results[x]=new OptimizationResult();
        for (int i = 0; i < depo.length; i++) {
            for (int j = 0; j < depo[0].length; j++) {
                depo1[x][i][j]=depo[i][j];
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    for (int agentNumber = 0; agentNumber < numOfAgents; agentNumber++) {
        agentCompletionService.submit(new Agent(this,
            ihtiyac[agentNumber%8][1],ihtiyac[agentNumber%8][0],depo1,agentNumber/8));
        agentsSend++;
        agentsWorking++;
        while (agentsWorking >= poolSize) {
            WalkedWay way = agentCompletionService.take().get();
            results[way.agent.transactionId].addResult(way);
            agentsDone++;
            agentsWorking--;
        }
    }
    final int left = agentsSend - agentsDone;
    System.out.println("Waiting for " + left + " agents to finish their random walk!");

    for (int i = 0; i < left; i++) {
        WalkedWay way = agentCompletionService.take().get();
        results[way.agent.transactionId].addResult(way);
    }
    OptimizationResult best=new OptimizationResult();
    int bestTran=-1;
    best.totalDist=Integer.MAX_VALUE;
    for (int i = 0; i < results.length; i++) {
        if(best.totalDist>results[i].totalDist && results[i].feasible){
            best=results[i];
            bestTran=i;
        }
        if(results[i].feasible)
            System.out.println("Result of transaction
"+(i+1)+": "+best.totalDist);
    }
    System.out.println("Best optimum is "+bestTran+" transaction. Total distance:"+best.totalDist);
    for(WalkedWay w:best.resultSet){
        System.out.println(Arrays.toString(w.way));
        System.out.println(Arrays.toString(w.amount));
    }
    threadPool.shutdownNow();

    return 0;//bestDistance.distance;
}

private final int getGaussianDistributionRowIndex() {
    return uniform.nextInt();
}

static class Record {
    double x;
    double y;

    public Record(double x, double y) {
        super();
        this.x = x;
        this.y = y;
    }
}

static class WalkedWay {
    int[] way;
    int[] amount;
    double distance;
    public Agent agent;
    public WalkedWay(int[] way, double distance,Agent a,int[] amount) {
        super();
        this.way = way;
        this.distance = distance;
        this.agent=a;
        this.amount=amount;
    }
}

```



```

    }
}

public static void main(String[] args) throws IOException, InterruptedException,
    ExecutionException {

    long start = System.currentTimeMillis();
    AntColonyOptimization antColonyOptimization = new AntColonyOptimization();
    antColonyOptimization.start();
}

```

EK C: Yapay arı koloni algoritması kodları (Bir kısmı)

```

import java.lang.Math;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Vector;

public class beeColony {

    int[][] ihtiyac={{2,76},
                    {477,40},
                    {6,80},
                    {1,10},
                    {2,15},
                    {2,13},
                    {1,33},
                    {248,53}};
    /* Control Parameters of ABC algorithm*/
    int NP=ihtiyac.length*2; /* The number of colony size (employed bees+onlooker bees)*/
    int FoodNumber = ihtiyac.length; /*The number of food sources equals the half of the colony size*/
    int limit = 100; /*A food source which could not be improved through
    "limit" trials is abandoned by its employed bee*/
    int maxCycle = 50; /*The number of cycles for foraging {a stopping criteria}*/

    double[][] uzaklik =
    {{0,338.28,634.357,950.704,597.627,554.553,583.812,994.206,917.314,961.041,776.572,611.013,717.475,706.392,666.038,94
    1.283,1124.54,584.932,575.655,774.542,501.755,1206.14,466.305,670.159,798.793,694.456,203.086,711.293,687.726,911.791
    ,171.321,629.702,110.144,971.743,962.433,1000.09,744.572,243.292,1181.614,374.2,873.29,370.222,730.01,365.273,930.381,
    153.034,539.442,910.031,716.147,281.642,205.907,705.977,984.097,821.255,763.422,698.647,867.344,432.836,1060.936,489.
    699,813.713,609.623,355.402,744.906,882.178,447.486,794.476,287.325,772.806,288.737,475.545,611.361,716.282,811.48,10
    23.084,1047.911,916.239,739.469,205.959,78.038,755.998},....};

    int depo[][]={{1,96},
                 {2,48},
                 {3,96},
                 {10,48},
                 {46,96},
                 {48,48},

    int depo1[][]={{1,96},
                 {2,48},
                 {3,96},
                 {10,48},
                 {16,48},
                 {20,96},
                 {21,48},
                 {23,48},

    int D = 5; /*The number of parameters of the problem to be optimized*/
    double lb = 3000; /*lower bound of the parameters. */
    double ub = 500000; /*upper bound of the parameters. lb and ub can be defined as arrays for the problems of which
    parameters have different bounds*/

    public Solution best;
    int runtime = 30; /*Algorithm can be run many times in order to see its robustness*/

    double Foods[][]=new double[FoodNumber][D];
    double f[]=new double[FoodNumber];

    double fitness[]=new double[FoodNumber];
    double trial[]=new double[FoodNumber];
    double prob[]=new double[FoodNumber];
}

```

```

double solution[]=new double[D];
double ObjValSol;          /*Objective function value of new solution*/
double FitnessSol;        /*Fitness value of new solution*/
int neighbour, param2change; /*param2change corresponds to j, neighbour corresponds to k in equation
v_{ij}=x_{ij}+\phi_{ij}*(x_{kj}-x_{ij})*/

double GlobalMin=Double.MAX_VALUE;
double GlobalMins[]=new double[runtime];
double r;
double CalculateFitness(double fun)
{
    double result=0;
    if(fun>=0)
    {
        result=1/(fun+1);
    }
    else
    {
        result=1+Math.abs(fun);
    }
    return result;
}
void MemorizeBestSource()
{
    int i,j;
    double d=Double.MAX_VALUE;
    for(i=0;i<FoodNumber;i++){
        sol=solutionList.get(i);
        if (f[i]>0&&f[i]<GlobalMin)
        {
            GlobalMin=f[i];
            for(j=0;j<D;j++){
                GlobalParams[j]=Foods[i][j];
                if(d>sol[j].val && sol[j].val>0)
                    best=sol[j];
            }
        }
    }
    public double min=Double.MAX_VALUE;
    public Vector<Solution[]> solutionList=null;
    public String sequenceString;
Solution[] sol;
ArrayList<Integer> depoListe;
ArrayList<Integer> hedefListe;
int[][] karsilanan;
void init(int index){
    int j;
    double top=0;
    int depoIx=index;
    j=0;
    sol=new Solution[D];
    for (int i = 0; i < D; i++)
        sol[i]=new Solution();
    for(j=0;j<D;j++){
        top=0;
        for(int i=0;i<depo.length;i++)
            depo[i][1]=depo1[i][1];
        karsilanan=new int[ihtiyac.length][2];
        hedefListe=new ArrayList<>();
        depoListe=new ArrayList<>();
        for (int i = 0; i < ihtiyac.length; i++)
            hedefListe.add(i);
        for (int i = 0; i < depo.length; i++)
            depoListe.add(i);

        for (int i = 0; i < ihtiyac.length; i++)
            for (int k = 0; k < ihtiyac[0].length; k++)
                karsilanan[i][k] = ihtiyac[i][k];
        for(int k=0;k<ihtiyac.length;k++){
            boolean cont=true,single =false;
            while(cont && !single){
                depoIx=index;

```

```

        depoIx=(int)(r*depoListe.size());
        if(r==1.0)
            depoIx--;
        depoIx=depoListe.get(depoIx);
        //}
        if(depoListe.size()==0||hedefListe.size()==0 karsilanan[k][0]==0){
            cont=false;
            Foods[index][j]=top;
        }
        else{
            satisfyNeeds(depoIx, k,j);
            top+=uzaklik[depo[depoIx][0]-1][karsilanan[k][1]];
            Foods[index][j]=top;
            solution[j]=Foods[index][j];
        }
    }
    }
    sol[j].val=top;
    solution[j]=Foods[index][j];
}
    solutionList.add(sol);
    f[index]=calculateFunction(solution);
    fitness[index]=CalculateFitness(f[index]);
    trial[index]=0;
}

void satisfyNeeds(int warehouse,int dest,int solIx){
    int mik=Math.min(karsilanan[dest][0], depo[warehouse][1]);
    depo[warehouse][1]-=mik;
    Object ix=warehouse,hedef=dest;
    if(depo[warehouse][1]==0)
        depoListe.remove(ix);
    karsilanan[dest][0]-=mik;
    if(karsilanan[dest][0]==0)
        hedefListe.remove(hedef);
    sol[solIx].sequence.add(new Inventory(depo[warehouse][0]-1, mik,karsilanan[dest][1]));
}

/*All food sources are initialized */
void initial()
{
    solutionList=new Vector<Solution[]>();
    GlobalMin=Double.MAX_VALUE;
    int i;
    for(i=0;i<FoodNumber;i++)
    {
        //seq[i]=i;
        init(i);
    }
    for(i=0;i<D;i++)
        GlobalParams[i]=Foods[0][i];
}

void SendEmployedBees()
{
    int i,j;
    /*Employed Bee Phase*/
    for (i=0;i<FoodNumber;i++)
    {
        /*The parameter to be changed is determined randomly*/
        r = ((double) Math.random()*32767 / ((double)(32767)+(double)(1)) );
        param2change=(int)(r*solution.length);
        if(param2change==solution.length)
            param2change--;
        r = ( (double)Math.random()*32767 / ((double)(32767)+(double)(1)) );
        neighbour=(int)(r*FoodNumber);
        for(j=0;j<D;j++)
            solution[j]=Foods[i][j];

        /*v_{ij}=x_{ij}+phi_{ij}*(x_{kj}-x_{ij}) */
        r = ((double)Math.random()*32767 / ((double)(32767)+(double)(1)));

```

```

solution[param2change]=Foods[i][param2change]+(Foods[i][param2change]-
    Foods[neighbour][param2change])*(r-0.5)*2;
    solution[param2change]=lb;
if (solution[param2change]>ub)
    solution[param2change]=ub;*/
ObjValSol=calculateFunction(solution);
FitnessSol=CalculateFitness(ObjValSol);
if (FitnessSol>fitness[i])
{

    trial[i]=0;
    for(j=0;j<D;j++)
    Foods[i][j]=solution[j];
    f[i]=ObjValSol;
    fitness[i]=FitnessSol;
    /*int temp=seq[i];
    seq[i]=seq[param2change];
    seq[param2change]=temp;*/
}
else
{ /*if the solution i can not be improved, increase its trial counter*/
    trial[i]=trial[i]+1;
}
}
void CalculateProbabilities()
{
    int i;
    double maxfit;
    maxfit=fitness[0];
    for (i=1;i<FoodNumber;i++){
        if (fitness[i]>maxfit)
            maxfit=fitness[i];
    }

    for (i=0;i<FoodNumber;i++){
        prob[i]=(0.9*(fitness[i]/maxfit))+0.1;
    }
}

```

ÖZGEÇMİŞ

Beyza TOPAL, 05.11.1990'da Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2008 yılında başladığı Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne yatay geçiş yaptı ve lisans eğitimini 2012 yılında tamamladı. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2012-2014 yılları arasında Gençlik ve Spor Bakanlığı bünyesinde Gençlik Lideri olarak görev yaptı. 2014 Aralık ayında Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır hâla görevine devam etmektedir.