T.C.

DÜZCE ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI DOKTORA PROGRAMI

YAPAY ZEKÂ OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ İLE YARALI TOPLANMA MERKEZLERİNİN KONUŞLANDIRILMASI

DOKTORA TEZİ

HAKAN MURAT ARSLAN

Düzce

Ekim, 2015

T.C.

DÜZCE ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI DOKTORA PROGRAMI

YAPAY ZEKÂ OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ İLE YARALI TOPLANMA MERKEZLERİNİN KONUŞLANDIRILMASI

DOKTORA TEZİ

HAKAN MURAT ARSLAN

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Selami YILDIZ

Düzce

Ekim, 2015

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından İşletme Anabilim Dalında oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr. Mehmet Selami YILDIZ .....

Üye: Prof.Dr. Hamit SARUHAN .....

Üye: Prof.Dr. İsmail Hakkı ERASLAN .....

Üye: Doç.Dr. Mustafa Cahit ÜNĞAN .....

Üye: Doç.Dr.Selami ÖZCAN .....

Onay;

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

26/10/2015

Prof.Dr. Mehmet Selami YILDIZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

YAPAY ZEKÂ OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ İLE YARALI TOPLANMA MERKEZLERİNİN KONUŞLANDIRILMASI

HAKAN MURAT ARSLAN
Doktora Tezi, İşletme Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Selami YILDIZ
2015, 155 Sayfa

Yaralı toplanma merkezleri, deprem, kasırga, sel veya savaş gibi büyük afetlerde çok sayıda yaralıya bir anda acil sağlık hizmeti verebilen ilk müdahale merkezleridir. Bu merkezlerin yerleri en uygun şekilde önceden saptanmalı ve olası bir afette halk, hangi merkezlerden hizmet alacağını bilmelidir.

Bu çalışmada, Düzce ili için oluşturulacak yaralı toplanma merkezlerinin (YTM) optimum belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik, tesis yerleştirme problemlerinin çözümü için yaygın olarak kullanılan P- Medyan Tesis Yerleştirme Modeli seçilmiştir.

Çalışmanın uygulandığı bölgede toplanma merkezi olabilecek yerler ve sayısı, bölge sınır koordinatları, yerleşim birimleri koordinatları ve güncel nüfus verileri Düzce il valiliği ilgili birimlerinden alınmıştır. Bu veriler kullanılarak yerleşim birimleri ve aday toplanma merkezleri arası uzaklıklar Google Maps programı vasıtasıyla hesaplanmıştır. Çalışmanın matematiksel modelini analiz etmek için *Sitation* tesis yerleştirme yazılımı kullanılmıştır. *Sitation* yazılımının ara yüzleri kullanılarak çalışmanın modeli hem Lagrange Çarpanları yöntemi hem de Genetik Algoritma yöntemi ile ayrı ayrı analiz edilerek karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın modeli, ilk olarak Düzce il merkezindeki 56 yerleşim biriminde kurulacak üç adet Yaralı Toplanma Merkezi ile maksimum talebin karşılanması için Lagrange Çarpanları yöntemi kullanılarak kapsama mesafesi 2 km için analiz edildiğinde Düzce merkez nüfusunun % 99.44'ü yani 142217 kişinin talebi Kültür, Sallar ve Çamköy merkezleri ile karşılanmıştır. Bir yerleşim biriminin (Kemal

Işıldak) yani 800 kişinin talebi karşılanamamıştır. Daha sonra model Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak kapsama mesafesi 2 km için analiz edildiğinde Düzce merkez nüfusunun % 99.46'sı yani 142245 kişinin talebi Bayram Gökmen, Bahçelievler ve Kültür yaralı toplanma merkezleri ile karşılanmıştır. Bir yerleşim biriminin (Soğukpınar) yani 773 kişinin talebi karşılanamamıştır.

İki farklı optimizasyon yöntemi ile yapılan analizler karşılaştırıldığında Genetik Algoritma ile yapılan analiz sonuçlarının optimum ve daha fazla toplumsal fayda oluşturduğu izlenmiştir. Elde edilen sonuçlar afet koordinasyon yetkilileri ile paylaşılmış ve ilgili afet planlarına dâhil edilmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tesis Yerleştirme Problemleri, P-medyan Tesis Yerleştirme Modeli, Yaralı Toplanma Merkezleri

ABSTRACT

LOCATING OF CASUALITY COLLECTION CENTERS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE OPTIMIZATION METHODS

HAKAN MURAT ARSLAN

PHD THESIS, Department of Busıness Administration

Supervisor: Prof.Dr. Mehmet Selami YILDIZ

2015, 156 Pages

Casuality collection centers are the first-aid centers where a large number of casualities are provided with urgent medical service at a time in big disasters such as earthquakes, tornadoes, floods and wars. Location of these casuality collection centers must be determined appropriately beforehand and people must be informed of what center they are to be provided with service at.

In this study it is aimed that optimum location is determined for casuality collection centers (CCC) to be founded for the province of Duzce. For this aim, P-Median Location Model frequently used in the solution of facility location problems has been chosen.

The places and the number of them that could be casuality collection centers in the area where the study has been applied, the coordinates of residence centers and the current data of population have been obtained from the related units of Düzce Governer Office. Using this data, the distance between residence centers and probable casuality collection centers have been calculated through Google Maps program. *Sitation* facility location software has been used to analize the model established. By using the interface of the *Sitation* software, the model of the study has been compared with both Langrange multupliers and Genetic Algorithm through analyzing separately.

When the model of the study has been analized for 2 kilometres of covering distance using Langrange Multupliers method in order to meet the maximum demand with 3 casuality collection centers to be located for the first time in 56 residence centers of Düzce province centrum ,the demand of 99,44 percent of centrum population that meant 142217 people was met through Kültür,Sallar and Çamköy residences. The demand of only one residence (Kemal Işıldak) that meant 800 people could not be met. Later when the covering distance for 2 kilometres was analized using model Genetic Algorithm method, the demand of 99,46 percent of centrum population of Düzce that meant 142245 people was met through the casuality collection centers of Bayram Gökmen, Bahçelievler and Kültür. The demand of only one residence (Soğukpınar) that meant 773 people could not be met.

When the analyses conducted through these 2 different methods of optimization have been compared it is seen that the results of the analyse through Genetic Algorithm method are optimum and more of socially benefical. The results obtained have been shared with the authorities of disaster coordination and recommended to be included in related disaster plans.

Key words: Facility Location Problems, P-median Facility Location Model, Casuality Collection Centers

Kıymetli Aileme

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında kıymetli katkı ve tecrübesi ile devamlı rehberim olan danışmanım sayın Prof. Dr. Mehmet Selami YILDIZ 'a en samimi duygularımla teşekkür ederim. Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi öğretim üyelerinden sayın Prof. Dr. Hamit SARUHAN 'a çalışmamın özellikle analiz kısımlarında engin tecrübelerini ve kıymetli vaktini büyük özveri ile ayırdığından kendisine teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam boyunca değerli yorumları ile çalışmanın daha da zenginleşmesine katkıda bulunan tez izleme komitesi üyelerinden sayın Prof. Dr. İsmail Hakkı ERASLAN hocama teşekkür ederim. Bilgisayar ve öğretim teknolojileri öğretmeni Sinan KAYMAZ beye bilgisayar yazılım konusundaki desteğinden dolayı çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışmayı 2014.08.01.270 numaralı proje ile destekleyen Düzce Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na (DÜBAP) teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım esnasında manevi desteğini devamlı hissettiğim anne ve babama, çalışmalarımda her zaman yanımda olan eşime ve biricik çocuklarıma içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI I

ÖZET II

ABSTRACT IV

İTHAF VI

TEŞEKKÜR VII

İÇİNDEKİLER VIII

TABLOLAR LİSTESİ XII

ŞEKİLLER LİSTESİ XIII

EKLER LİSTESİ XIV

1. BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1. Problemin Tanımı 3

1.2. Araştırmanın Amacı 3

1.3. Araştırmanın Önemi 4

1.4. Araştırmanın Varsayımları 5

1.5. Araştırmanın Kısıtları 6

1.6. Araştırmanın Yapısı 7

2. BÖLÜM 8

LİTERATÜR İNCELEMESİ 8

2.1. Tesis Yerleştirme Problemleri 8

2.1.1. Tesis Yerleştirme Problemlerinin Genel Tanımı 8

2.1.2. Tesis Yeri Seçim Probleminin Sınıflandırılması 10

2.1.3. Acil Yardım Tesislerinin Optimum Yerleştirilmesi Problemleri 15

2.2. Optimizasyon 19

2.2.1. Model Oluşturma 19
2.2.2. Model Türleri 20
2.2.3. Optimizasyon Modelleri 22
2.2.4. Optimizasyon Problemlerinin Sınıflandırılması 24
2.2.4.1. Geleneksel Optimizasyon 28
2.2.4.1.1. Lagrange Çarpanları Yöntemi 30
2.2.4.1.2. Doğrudan Arama Yöntemi 31
2.2.4.1.3. Yerine Koyma Yöntemi 32
2.2.4.2. Geleneksel Olmayan Optimizasyon Yöntemleri 32
2.2.4.2.1. Tek Çözüme Dayalı Optimizasyon Yöntemleri 33
2.2.4.2.2. Toplum Tabanlı Optimizasyon Yöntemleri 36
2.2.4.2.2.1. Biyolojik Tabanlı Arama Yöntemleri 36
2.2.4.2.2.2. Sürü Zekâsı Tabanlı Arama Yöntemleri 37
2.3. Genetik Algoritma (GA) 38
2.3.1. Genetik Algoritma Terminolojisi 38
2.3.1.1. Kromozom (DNA Dizileri) 39
2.3.1.2. Gen 40
2.3.1.3. Toplum Büyüklüğü 40
2.3.1.4. Uygunluk Değeri 41
2.3.1.5. Arama Uzayı 41
2.3.1.6. Kodlama 42
2.3.2. Genetik Algoritmaların Çalışma Esasları 42
2.3.3. Genetik Algoritma Operatörleri 44
2.3.3.1. Seçim 45
2.3.3.2. Çaprazlama 46
2.3.3.3. Mutasyon 49

2.3.3.4. Genetik Algoritmanın Sonlandırılması 50
2.3.3.5. Yakınsama Kriterleri 50
2.3.3.6. Parametre Seçimi 52
2.3.3.7. Genetik Algoritmanın Geleneksel Metotlar ile Karşılaştırılması 52
2.4. P- Medyan Tesis Yerleştirme Modeli 54
2.4.1. P-Medyan Tesis Yerleştirme Modelinin Tanımı 55
2.4.2. P-Medyan Tesis Yerleştirme Modelinin Matematiksel İfadesi 57
2.4.3. P-medyan Tesis Yerleştirme Modeli Literatür Çalışmaları 60
2.4.4. Acil Yardım Tesislerinin P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli ile Konuşlandırılması Çalışmaları 64
3. BÖLÜM 69
YÖNTEM 69
3.1. Araştırma Modeli 70
3.2. Veri Toplama 72
3.3. Verilerin Analizi ve Yorumlanması 73
4. BÖLÜM 75
YARALI TOPLANMA MERKEZLERİNİN KONUŞLANDIRILMASI 75
4.1. Araştırma Modelinin Varsayımları 75
4.2. Düzce İli Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması Modeli 76
4.2.1. Yaralı Toplanma Merkezlerinin Lagrange Çarpanları Yöntemi ile Konuşlandırılması 79
4.2.1.1. Dc=1 km için Yaralı Toplanma Merkezlerinin Lagrange Çarpanları Yöntemi ile Konuşlandırılması 79
4.2.1.2. Dc=2 km için Yaralı Toplanma Merkezlerinin Lagrange Çarpanları Yöntemi ile Konuşlandırılması 85
4.2.1.3. Bulgular ve Yorumlar 88

4.2.2. Genetik Algoritma Yöntemi İle Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması 89

4.2.2.1. Dc=1 km için Yaralı Toplanma Merkezlerinin Genetik Algoritma Yöntemi ile Konuşlandırılması 89

4.2.2.2. Dc=2 km için Toplanma Merkezlerinin Genetik Algoritma Yöntemi ile Konuşlandırılması 94

4.2.2.3. Bulgular ve Yorumlar 96

4.3. Çalışmanın Analizinde Kullanılan Lagrange Çarpanları ve Genetik AlgoritmaYöntemlerinin Karşılaştırılması 97

5. BÖLÜM 105

SONUÇ VE ÖNERİLER 105

5.1. Sonuçlar 105

5.2. Öneriler 109

5.2.1. Yönetimsel Öneriler 110

5.2.2. Akademik Öneriler 111

6. KAYNAKÇA 112

7. EKLER 123

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Yöneylem Araştırması Modellerinin Sınıflandırılması 22

Tablo 4.1. Dc=1 km Alınarak Atanan Merkezler ve Kapsanan Talep..... 80

Tablo 4.2. Dc=1 km Alındığında Temel Sonuçlar..... 81

Tablo 4.3. Dc=1 km Alındığında Lagrange Çarpanları Parametreleri..... 81

Tablo 4.4. Yerleşim Birimleri ve Düğüm Numaraları 82

Tablo 4.5. Dc=2 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi ve Genel Sonuçları..... 85

Tablo 4.6. Dc=2 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi Değerleri 86

Tablo 4.7. Dc=1 ve 2 km için Genetik Algoritma Parametre Değerleri 89

Tablo 4.8. Dc=1 km için Genetik Algoritma Yöntemi ve Genel Sonuçlar..... 91

Tablo 4.9. Dc=2 km için Genetik Algoritma Yöntemi ve Genel Sonuçlar..... 94

Tablo 4.10. Genel Sonuçlar (Dc=1 km için) 97

Tablo 4.11. Genel Sonuçlar (Dc=2 km için) 98

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Optimizasyon Problemlerinin Sınıflandırılması 25
Şekil 2.2. Geleneksel Optimizasyon Yöntemlerinin Sınıflandırılması 28
Şekil 2.3. Optimum Çözüm Kümesine Ait Belirsizlik Aralığı 31
Şekil 2.4. Geleneksel Olmayan Optimizasyon Yöntemlerinin Sınıflandırılması 33
Şekil 2.5. Alel, Gen ve Kromozomlar 39
Şekil 2.6. Genetik Algoritma Süreci 43
Şekil 2.7. P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli Döngüsü 56
Şekil 2.8. Örnek bir P-Medyan Modeli Çözümü (n=11, p=3) 59
Şekil 3.1. Düzce Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması Modeli 70
Şekil 4.1. Dc=1 km için Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Kapsanmayan Yerleşim Birimleri Haritası 83
Şekil 4.2. Dc=1 km Alındığında Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Ağ Yolları Haritası . 84
Şekil 4.3. Dc=2 km için Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Kapsanamayan Yerleşim Birimleri Haritası 87
Şekil 4.4. Dc=2 km Alındığında Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Ağ Yolları Haritası . 88
Şekil 4.5. Dc=1 km için Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Kapsanamayan Yerleşim Birimleri Haritası 92
Şekil 4.6. Dc=1 km Alındığında Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Ağ Yolları Haritası . 93
Şekil 4.7. Dc=2 km için Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Kapsanamayan Yerleşim Birimleri Haritası 95
Şekil 4.8. Dc=2 km Alındığında Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Ağ Yolları Haritası . 96
Şekil 4.9. Değişken Dc için Kapsama Oranına Bağlı Karşılaştırma 99
Şekil 4.10. Dc=1 km için Yaralı Toplanma Merkezi Sayısına Bağlı Karşılaştırma 100
Şekil 4.11. Dc=2 km için Yaralı Toplanma Merkezi Sayısına Bağlı Karşılaştırma 101
Şekil 4.12. Değişen Dc için Çözüm Süresine Bağlı Karşılaştırma 102
Şekil 4.13. Dc=1 km için Mutasyon Oranına Bağlı Uygunluk Değerleri 103
Şekil 4.14. Dc=2 km için Mutasyon Oranına Bağlı Uygunluk Değerleri 104

EKLER LİSTESİ

EK 1: Harita Üzerinde Talep Noktaları Dağılımı 123

EK 2: Harita Üzerinde Düzce Merkez Sınırları 124

EK 3: İstasyonlar ve Ağırlıklar 125

EK 4: İstasyonlar ve Ağırlıkları (Devam) 126

EK 5: İstasyonlar ve Aralarındaki Mesafeler (m) 127

EK 6: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=1 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması 128

EK 7: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=1 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması (Devam) 129

EK 8: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=2 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması 130

EK 9: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=2 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması (Devam) 131

EK 10: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=1 km için Genetik Algoritma Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması 132

EK 11: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=1 km için Genetik Algoritma Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması (Devam) 133

EK 12: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=2 km için Genetik Algoritma Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması 134

EK 13: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=2 km için Genetik Algoritma Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması (Devam) 135

EK 14: Sitation Yazılımının P-medyan ve Lagrange Tabanlı Çalıştırılması 136

EK 14.1: Sitation Yazılımı ve P-medyan Tesis Yerleştirme Ara Yüzleri 136

EK 14.2: Yazılıma Toplanma Merkezleri Koordinatları Eklenmesi 137

EK 14.3: Yazılıma toplanma merkezlerinin Kapsama Mesafesi Eklenmesi 138

EK 14.4: Yazılımda Optimizasyon Metodu Seçimi Ara Yüzü 138

EK 14.5: Yazılımın Temel Sonuçlar Ara Yüzü 139
EK 14.6: Atanan Merkezlerin Gösterildiği Ara Yüz 139

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Günümüzde işletme tesislerinin mevcut şartlar içinde en uygun (optimum) yerleştirilmesi problemleri, yöneylem araştırması alanında yoğun çalışılan konular arasındadır. Bu problemler; acil servis sistemleri, güvenlik merkezleri ve yangın müdahale merkezleri, değişik türden eğitim tesisleri, hastaneler, spor merkezleri, hava alanları gibi istenen; veya geri dönüşüm tesisleri, nükleer santraller, atık toplama ve imha merkezleri, kimyasal tesisler gibi istenmeyen bir ya da daha çok tesisin optimum yer seçimini ilgilendiren uygulamaları kapsamaktadır (Darende, 2009: 1).

Yer seçimi problemleri, işletmelerin hayatlarını devam ettirebilmeleri açısından çok önemlidir. Yer seçimi kararı, her çeşit işletmenin yakın ve orta vadede zor kararlarındandır. Özellikle üretim, montaj ve dağıtım tesislerinin uygun olmayan yerlere kurulmuş olmaları; işletmenin üretim planı, lojistik seçenekleri ve finans yönetimi çok iyi de olsa işletme yaşadığı sürece gereğinden fazla giderlerle karşı karşıya kalması demektir.

Tesis yer seçimi problemlerinde, öncelikle yapılması gereken; tesislerin ve müşterilerin saptanması, sonrasında ise problemin amaç fonksiyonunu etkileyen değişkenleri ve parametreleri belirlemektir. Amaç fonksiyonunun yapısı, tesislerin nerelere konuşlanacağı ve hizmet alıcılarının tesislere hangi kriterlere göre atanacağı ile ilgili olmalıdır. Genellikle amaç fonksiyonu, toplam uzaklığın minimum; kurulacak tesisler arası mesafenin ise maksimum olacağı bir tasarımla oluşturulur. Tesis yer seçim problemlerinin büyük çoğunluğu, oluşturulan bu amaç fonksiyonları ile analiz edilir.

Kurulma aşamasında tesislerin optimum yeri tespit edilirken ulaşım giderlerinin en aza indirilmesi, müşterilere eşit ve hızlı hizmet götürebilme, o

sektördeki pazar payının büyütülmesi, tesis yerleşim yerinin demografik ve kültürel yapısı gibi kısıtları içeren bir matematiksel model oluşturularak optimum fayda temin edilmeye çalışılır.

Tesis yer seçimi problemlerinin uygulamalarından olan diğer bir alan ise afetler sonrasında bölge halkının can kaybını ve muhtemel güçlükleri en aza indirmek için oluşturulan yaralı toplanma merkezlerinin yer seçimidir.

Literatürde yer alan yaralı toplama noktaları ile bu çalışmada ele alınan Yaralı Toplanma Merkezleri temelde benzer özelliklere sahip olmalarına rağmen toplanma merkezleri; personel türü, tesis yapısı ve lojistik malzemeler açısından toplama noktalarına göre daha fonksiyoneldirler.

Bir yerleşim bölgesi sınırları içinde yaralı toplanma merkezlerini en uygun yere konuşlandırmak için bölgenin yapısına göre yaralı toplanma merkezi kurulma koşulları dikkate alınır. Bu koşullar ilgili yerleşim bölgesinin demografik ve çevre faktörleri ile yakından ilgilidir. Bu faktörlerin bir kısmı optimum yerleşim için oluşturulan matematiksel modele karar değişkeni veya kısıt olarak dâhil edilmelidir.

Bu çalışmada, yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılmasına yönelik matematiksel model oluşturulmuş, bu model geleneksel (türev hesaplarına dayalı) metotlardan Lagrange Çarpanları ve geleneksel olmayan (zeki optimizasyon) metotlardan Genetik Algoritma ile analiz edilmiştir. Modelin bu iki ayrı metotla analiz edilmesi, çalışmanın güvenirliği açısından önemlidir. Böylece olası bir afet sonrası afetzedelerin acil olarak yönelecekleri yaralı toplanma merkezlerinin optimum sayıda ve en çok fayda temin edecek şekilde yerleşmeleri sağlanmış olacaktır.

Düzce ilinde afet koordinasyon yetkilileri ile yapılan görüşmeler sonucunda olası bir afetten sonra acilen il merkezinde kurulması planlanan üç yaralı toplanma merkezinin hangi koordinatlara yerleştirileceğinin tespit edilmesi, yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılması ile afetler sırasında oluşabilecek can kaybını en aza indirerek toplumsal fayda oluşturması ve çalışmanın analizinde

kullanılan optimizasyon modellerinin performanslarının karşılaştırılması çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır.

1.1. Problemin Tanımı

Yapılan literatür incelemesinde acil yardım servislerinin değişik boyutta yerleştirilme çalışmalarının var olduğu görülmüştür. Ancak yaralı toplama noktalarının optimum yerleştirilmesi çalışmalarının sayısı oldukça azdır. Bu tür çalışmaların azlığı konunun önemsizliğinden değil afetlerin hangi bölgede hangi zaman aralıkları ile tekrarlanacağının belli olmamasındandır. Bu nedenle afetlerden sonra acilen kurulması gereken yaralı toplama noktalarının optimum konuşlandırılması problemleri, araştırmacıların çalışma sahasına özellikle girmemiştir.

Günümüze kadar yetkililer, yaralı toplanma merkezleri gibi tesislerin optimum yerlerini, bölgenin ve idari yapının durumunu gözeterek genellikle afet anında ya da hemen sonrasında fikir alışverişi yoluyla belirlemişlerdir. İstenen çözüme ulaşmak için matematiksel modelleme, birçok problemin analizinde ve sonuçlanmasında kullanılırken bu tür hayati önem arz eden tesislerin optimum yerleştirilmesinde yeterince uygulanamamıştır. Oysaki yaralı toplanma merkezlerinin (YTM) konuşlandırılmasının matematiksel modelleme ile tespit edilmesi gerekliliği açıktır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Çalışmanın amacı, afetlerden hemen sonra kurulması gereken yaralı toplanma merkezlerinin optimum konumlarını geleneksel ve geleneksel olmayan optimizasyon metotları ile belirlemek ve sonuçları karşılaştırarak daha optimum fayda sağlayacak şekilde yerleştirme yapmaktır.

Yaralı toplanma merkezlerinin konuşlandırılması modelinin Türkiye ölçeğine genişletilerek daha genel afetlerde toplanma merkezlerinin optimum yerleştirilmesinin uygulanabilirliğini göstermek, çalışma sonuçlarının Düzce ili afet planlarında yer almasını ve bölge halkının afetlerden önce hangi toplanma

merkezlerinden hizmet alacaklarını bilmelerini sağlamak çalışmanın diğer amaçları arasındadır.

1.3. Araştırmanın Önemi

İşletmelerin kuruluş yeri analizlerinde amaç; kurulacak işletmenin minimum maliyetle maksimum verim alabileceği yeri belirlemek ve o konuma tesisi yerleştirmektir. Bu tür çalışmalarda amaca ulaşmak için doğru ve kapsamlı bir model belirlemek en önemli süreçtir. Kapsamlı ve zaman gerektiren modellerin optimum çözümünde yeni yaklaşımların kullanılması gerekli hale gelmiştir. Günümüze kadar bu tür modellerin en uygun tasarımı için çoğunlukla geleneksel yani türev esaslı yöntemler kullanılmıştır.

Geleneksel optimizasyon tekniklerinde modellerin en uygun tasarımı için kullanılan amaç fonksiyonlarının türevlenebilir olması ve iyi bir başlangıç için en uygun noktanın bulunabilmesi gibi şartlar gerekmektedir. Aksi takdirde en uygun tasarım elde edilemez.

Geleneksel metotlara alternatif olarak türev gerektirmeyen, en uygun noktaya yakın bir noktadan arama yapma zorunluluğu olmayan ve doğada meydana gelen olayların işleyişinden esinlenerek seçim yapan metotlar (geleneksel olmayan metotlar) günümüzde geliştirilmekte ve çeşitli problemlere uyarlanmaktadır.

Bu çalışmanın özgün değeri, p-medyan tesis yerleştirme modeli temel alınarak oluşturulan modele yaralı toplanma merkezlerinin kurulma koşulları, yerleşim birimlerinin nüfusu, coğrafik özellikleri ve aralarındaki uzaklıklar değişken olarak modelin amaç fonksiyonuna eklenerek klasik p- medyan tesis yerleştirme modelinden farklı daha fonksiyonel bir tesis yerleştirme modeli haline getirilmesindedir. Diğer çalışmalardan farklı hale gelen model, geleneksel ve geleneksel olmayan iki ayrı optimizasyon yöntemi ile analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılarak optimum konuşlandırma gerçekleştirilmiştir.

Daha önceki çalışmalar incelendiğinde yaralı toplama noktalarının yapay zekâ algoritmaları kullanılarak en uygun yerleşimlerini sağlayan çalışmaya

rastlanmamıştır. Bu tespitten sonra, çalışmanın uygulandığı bölgenin özelliği gereği yapay zekâ optimizasyon yöntemlerinden Genetik Algoritmalar kullanılarak yaralı toplanma merkezlerinin optimum yerleştirilmesi, çalışmanın ana amacı haline gelmiştir.

Yaralı toplanma merkezlerinin yerleşimi modelinde en önemli kriter, afetlerden hemen sonra en fazla afetzedeye ilk yardım hizmeti götürebilmektir. Çalışmanın modeli geleneksel ve olmayan optimizasyon yöntemleri ile ayrı ayrı analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapay zekâ optimizasyon yöntemlerinden olan Genetik Algoritmalar p- medyan tabanlı tesis yerleştirme problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan güçlü bir optimizasyon yöntemidir.

Çalışma genel olarak, yapay zekâ optimizasyon yöntemlerinin tesis yeri seçim problemlerinin optimum çözüm konusundaki performansının ölçülmesi üzerine kurgulanmıştır. Sonuçların güvenirliği açısından geleneksel ve geleneksel olmayan optimizasyon yöntemleri ile modelin analiz edilmesi hata oranının azalmasını dolayısıyla konuşlandırılması planlanan yaralı toplanma merkezlerinin optimum fayda sağlayacak şekilde yerleştirilmesini sağlamıştır. Yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılması literatüre yeni ve faydalı bir çalışma ile katkıda bulunacağı ve yansımasının da Düzce Valiliği afet planlarında yer alarak toplumsal fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

1.4. Araştırmanın Varsayımları

- Çalışmanın uygulandığı bölgede yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılmasını sağlayacak matematiksel bir model oluşturulmadığı ve çözüm için analiz edilmediği kabul edilmiştir.
- Düzce il merkezine bağlı 56 yerleşim biriminde toplanma merkezi olmaya müsait yerlerin var olduğu kabul edilmiştir.

- Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde ve 20 -30 yıllık periyotlar ile büyük deprem felaketlerine maruz kalan Düzce ilinin olası deprem ve benzeri felaketleri dikkate alınarak değişkenler ve kısıtlar belirlenmiştir.

- Bölge halkının kendilerine en yakın yaralı toplanma merkezinden ilk yardım hizmeti alacağı varsayılmıştır.

- Yaralı toplanma merkezlerinin taşıması gereken asgari koşulların neler olduğu ve olası afette uygulama bölgesi için kaç adet toplanma merkezi kurulması gerekliliği İl Acil Yardım ve Afet Koordinasyon Merkezinden (AFAD) alınan verilerle oluşturulmuş ve bu verilerin doğruluğu kabul edilmiştir.

- Yerleşim birimleri ile aday yaralı toplanma merkezleri arasındaki mesafelerin öklidyen uzaklıklar olduğu ve Excel yazılımı vasıtasıyla hesaplanacağı kabul edilmiştir.

- Yaralı toplanma merkezlerinde afet anında aynı anda kaç yaralıya müdahale edilebileceği konusunda AFAD yetkilileri bölgenin yapısı gereği toplanma merkezlerinde sınırlamayı uygun bulmadıklarından merkezler sınırsız kapasiteli kabul edilmiştir.

- Çalışmanın uygulandığı bölgede yaralı toplanma merkezlerinin kurulma ve işletim maliyetleri sabit kabul edilmiş ve modele değişken olarak dâhil edilmemiştir.

- Literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak yaralı toplanma merkezlerinin afetzedeleri kapsama mesafesi maksimum 3 km olarak belirlenmiştir.

1.5. Araştırmanın Kısıtları

- Çalışmanın modeli Düzce ili verileri ile tasarlanmış olup genele veya diğer yerleşim bölgelerine uygulanabilmesi için parametreleri ve/veya değişkenlerin kısıtlarını değiştirmek gerekebilir.

- Araştırma modeline yaralı toplanma merkezlerinin oluşumunu etkileyen unsurların tümünü değişken olarak koymak, zaman ve kısıtlı kaynaklar dikkate alındığında mümkün olmamıştır.

- Yaralı toplanma merkezleri ve yerleşim birimleri arasındaki mesafeler en kısa uzaklık yani öklid uzaklığı ile ölçüldüğünden yolların durumu ve bölgenin coğrafi konumu her yönüyle dikkate alınmamıştır.

- Çalışma sürecinde her bir yerleşim biriminin nüfusları sabit kabul edilmiştir.

- Düzce merkeze bağlı 56 yerleşim biriminde yaşayan nüfusun afet anında ikâmetgâh adreslerinde bulunacakları kabul edilmiştir.

1.6. Araştırmanın Yapısı

Çalışmanın ilk bölümünde problemin tanımı, önemi ve kısıtları hakkında bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde tesis yerleştirme problemleri, optimizasyon teorisi ve sınıflandırılma şekilleri, Lagrange Çarpanları, Genetik Algoritma ve P-medyan tesis yerleştirme modeli ayrıntılı olarak yerli ve yabancı literatürle desteklenerek açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde çalışmanın yöntemi; çalışmanın modeli, veri toplama araçları ve verilerin analizi gibi alt başlıklar ile aktarılmıştır.

Dördüncü bölümde Düzce ilinde belli sayıdaki yaralı toplanma merkezi ile yerleşim merkezleri arasındaki ağırlıklandırılmış toplam mesafeyi minimum yapacak şekilde oluşturulan P-medyan modeli hem Lagrange Çarpanları hem de Genetik Algoritma optimizasyon yöntemi kullanılarak *Sitation* bilgisayar yazılımı ile analiz edilmiştir.

Beşinci ve son bölümde Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması Modelinin iki farklı yöntem ile elde edilen analiz sonuçları verilmiştir.

2. BÖLÜM

LİTERATÜR İNCELEMESİ

2.1. Tesis Yerleştirme Problemleri

Yerleşim ve barınma insanlığın başlangıcından beri çok önemli iki unsurdur. Bu nedenle tesislerin en uygun yer seçimi oldukça eski ve üzerinde uzun zamandır çalışılan bir konudur. Özellikle özel sektör işletmeleri müşteri talebinin daha hızlı karşılanması ve ihtiyacı olan ürünlere kolay ulaşabilmeleri açısından tesislerin optimum konuşlandırılmasını her zaman önemsemişlerdir.

Özel ve kamu işletmeleri kuruluş yeri seçim kararlarını alırken oldukça dikkatli davranırlar. Bu nedenle tesislerin optimum yerleştirilmesi düşüncesi nisbeten uzun vadeli karardır. İşletmeler arası rekabetin giderek arttığı ve finansal kararlar vermenin giderek çok önemli olduğu 21.yüzyıl iktisadi yaşamında tesislerin en uygun yerlere kurulması artarak önemli hale gelmiştir (Correia vd. 2009).

2.1.1. Tesis Yerleştirme Problemlerinin Genel Tanımı

Tesis yerleştirme problemleri sık karşılaşılan optimizasyon problemleri arasında yer alır. Hem kamu kuruluşları hem de özel kuruluşlar tesislerinin optimum konuşlandırılması konusunda sorun yaşarlar. Resmi kurumlar halka hizmet sunacak (okullar, hastaneler, itfaiye, polis merkezleri vb.) tesisleri optimum konuşlandırmaya, özel kurumlar da üretim tesisleri, satış mağazaları ve lojistik merkezleri gibi tesislerin optimum yerleşimleri için analizlere dayalı kararlar almak durumundadırlar (Bastı, 2012).

Tesislerin optimum yerleşim problemleri, n tane tesisi m tane yere (n<m) konuşlandırırken oluşacak giderleri en aza indirmek ile ilgilenirler. Bu problemler, işletmelerin kuruluş yeri analizinde tesislerin bir takım sınırlılıkları dikkate alınarak giderlerini en az seviyeye indirecek şekilde optimum yerlere konuşlanmalarını ve

tüm müşterilerin hizmet sunan tesislere atanmasını amaçlayan modellerdir. Yerleşim problemleri yalnızca belli bir yerleşim bölgesindeki tesislerin optimum konuşlandırılması şeklinde düşünülmemelidir. Bazen bir üretim işletmesindeki makinelerin yerlerinin optimum yerleştirilmesi de yerleşim problemi olarak düşünülebilir (Kulluk ve Türkbey, 2004).

İşletmelerin taşıma maliyetlerinin aşırı artışı dikkate alındığında tesislerin optimum konuşlandırılmaları, özellikle büyük işletmelerin önemli kararlarındandır. İşletmeler uzun vadede istedikleri kâr seviyesine ulaşmak için optimum tesis yeri seçim kararını önemserler. Tesisler, ürünlerin müşterilere hızlı teslim edilmesinin önemli rekabet aracı olduğu günümüzde, teslimat giderlerini dikkate alarak optimum tesis yer seçimi konusunda yerinde ve doğru kararı vermek durumundadırlar.

Tesislerin optimum konuşlandırılması konusunda literatürdeki ilk çalışma yirminci yüzyıl başlarında Alfred Weber tarafından yapılmıştır. Weber 1909 yılındaki çalışmasında üç talep noktasından birisini en az lojistik gider oluşturacak şekilde diğer ikisine hizmet sunan tesis olarak yerleştirmeye çalışmıştır. Bu amacını gerçekleştirmek için talep noktaları ile hizmet sunacak tesisler arasındaki toplam uzunluğu en aza indirecek bir model tasarlamıştır (Jamshidi, 2009).

Çoklu tesis yerleşim problemlerinde kuyruk modelinin uygulanabilirliği mümkündür. Talep noktalarının tümünü kuyruk modellerindeki müşteri, hizmet sunucu tesisleri de gişeler gibi düşünerek bu tesislerin optimum sayısı, yerleri ve özellikleri ile ilgili çıkarım yapılabilir (Köchel, 1996). Bu çıkarımı yapabilmek için farklı kuyruk modellerini kullanarak Köchel kıyaslamalar yapmış ve optimum sonucu veren çözümü belirlemiştir.

Hakimi 1964'te bir iletişim ağı üzerinde bulunan bağlantı noktalarının içinden seçilecek belli sayıdaki bağlantı noktasının optimum yerleşimini sağlayacak bir model önermiştir. Hakimi'nin bu çalışmasından sonra tesislerin ağ üzerinde optimum yerleştirilmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Literatürde Hâkimi' nin ilk olarak açıkladığı p-medyan tesis yerleştirme problemi ayrık tesis yerleştirme problemleri sınıfında yer almaktadır. Tesis yeri seçim problemlerinin matematiksel

yapısı gereği analitik ve deterministik yöntemler kullanılarak çözülmesi, zor problemler sınıfına girer (Bastı, 2012).

2.1.2. Tesis Yeri Seçim Probleminin Sınıflandırılması

Tesislerin optimum yerleştirilmesi problemleri literatürde değişik sınıflandırma şekilleri ile verilmiştir. Tesislerin optimum yerleştirilmeleri ile ilgili farklı bir sınıflandırma şekli aşağıdaki gibi verilebilir (Daskin, 1995: 10–18);

1- Düzlem (sürekli), ağ ya da ayrık yapıda olmalarına göre,

2- Ağaç problemi ya da genel grafik yapıda olmalarına göre,

3- Tesis ile düğümler arasındaki mesafe ölçütüne göre,

4- Konuşlandırılacak tesis adedine göre (çoklu veya tekli),

5- Modellerin statik ya da dinamik olmalarına göre,

6- Deterministik ya da olasılıklı olmalarına göre,

7- Özel ya da kamu işletmesi modelleri olmalarına göre,

8- Tek ya da çok amaçlı olmalarına göre,

9- Esnek ya da esnek olmayan talep yapısına göre,

10- Sınırlı kapasiteli veya sınırsız kapasiteli olmalarına göre,

11- Talebin en yakın tesisten ya da özellikli tesisten karşılanmasına göre.

Yukarıda Daskin'in 1995'te yaptığı sınıflandırmadaki modelin sürekliliği, ağ ve ayrık yapıda olması talep noktalarının dağılımının yapısı ile ilgilidir. Tesisler ile düğümler arasındaki mesafe ölçütü modelin yapısına göre öklidyen, ulaşıma bağlı veya üç boyutlu olarak hesaplanabildiğinden sınıflandırma da çeşitlenmektedir. Tesis yerleştirme problemleri, amaç fonksiyonlarının dinamik veya statik yapıda olmalarına göre sınıflandırılabilirler. Eğer modelin yapısı geleneksel yöntemlerle analiz edilip optimum çözüm elde edilebilirse deterministik aksi takdirde olasılıklı

modeller çözüm için düşünülebilir. Talep noktaları aynı özellikte olduğunda esnek olmayan diğer durumda esnek talep söz konusu olmaktadır. Optimum konuşlandırılacak tesislerde kapasite sınırı olmadığından sınırsız kapasiteli aksi takdirde sınırlı kapasiteli olduğu düşünülür.

Tesis yerleştirme problemleri için farklı bir sınıflandırılma şekli 2001'de Sule tarafından yapılmıştır. Tesislerin optimum yerleştirilmesi problemlerini aşağıda ifade edildiği gibi beş temel katagoriye ayrılabilir (Sule, 2001: 22).

1- P-Medyan Problemleri,
2- P-Merkez Problemleri,
3- Kapasite Kısıtsız Tesis Yeri Seçim Problemleri,
4- Kapasite Kısıtlı Tesis Yeri Seçim Problemleri,
5- Karesel Atama Problemleri.

Farklı bir sınıflandırma ile tesis yerleştirme problemlerini tekli ve çoklu tesis yerleştirme şeklinde iki gruba ayırmak mümkündür. Tekli tesis yerleştirme problemlerinde sadece bir hizmet sunacak tesisin yeri tespit edilmeye çalışılırken çoklu tesis yerleştirme problemlerinde birden fazla hizmet verecek tesisin yerlerinin belirlenmesi amaçlanır (Küçükdeniz, 2009: 13).

Literatürde tesis yeri seçim problemlerinin sınıflandırılmaları içinde tesislerin kapasitesinin kısıtlı ve kısıtsız modellerinden bahsedilmektedir. Kapasite kısıtsız modellerde, hizmet tesislerinin talep karşılamada kapasite sınırının olmadığı kabul edilirken kapasitesi kısıtlı olanlar, belli bir süre içinde belli sayıdaki talebi karşılarlar.

Daskin 1995'te ayrık tesis yerleştirme problemlerinin sınıflandırılmasını aşağıda ifade edildiği gibi dört gruba ayırmıştır;

- Kapsama Problemleri
- Merkez Problemleri,
- Medyan Problemleri,

- Sabit Maliyetli Tesis Yerleşim Problemleri

Ayrık tesis yerleştirme modellerinin sınıflandırılması hususunda Daskin'in 1995'te yaptığı sınıflandırmayı genel itibari ile içine alan sınıflandırma şeklini Current ve diğ. 2001'de yapmıştır. Aynı grup, ayrık tesis yeri seçim problemlerini sekiz temel bölüme ayırmışlardır. Bu ayrıştırma şöyledir (Current ve diğ., 2001: 85):

- Küme Kapsama,
- Maksimum Kapsama,
- P-Merkez,
- P-Dağılım,
- P-Medyan,
- Sabit Maliyetli Tesis Yeri Seçim,
- Ana Dağıtım Üssü Yeri Seçim,
- Maksimum Toplam

Gelen alt başlıklarda, yukarıda ifade edilen tesis yerleştirrme problemlerinin sınıflandırılma şekilleri kısaca açıklanmıştır.

P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemi: P-medyan problemi esasen n tane düğüm noktasına hizmet sunabilecek p tane tesisin ağırlıklı maliyetini en aza indirecek şekilde optimum konuşlandırılması modelidir. Bu modellerde kastedilen maliyet; düğüm noktaları ile hizmet alacak yerler arasındaki uzunluk, zaman ve ulaşım masrafları gibi değişkenlerdir. Toplam maliyeti en aza indirmenin temel hedef olduğu bu tür problemler toplamın minimize edilmesi problemi veya Weber problemi diye de adlandırılır (Daskin, 1995: 54–56).

Eğer modelde talep yerlerinin özelliklerini içeren bir ağırlık varsa bu problem ağırlıklı p-medyan tesis yerleştirme modelidir (Sule, 2001: 21–22).

P-Merkez Problemi: P-merkez problemleri talep yerlerinin başlangıçta belirtilmiş sayıda hizmet sunacak tesise olan uzaklığının en aza indirilmesini amaçlayan problemlerdir. Küme kapsama modellerinin kullanılmasının uygun olmadığı problemlerde uygulanabilen diğer tesis yerleştirme modeli de p-merkez problem çeşididir. P-merkez modelinde kapsama mesafesini Dc almak yerine belirlenen p adet yerleşim birimi ile ilşkili minimum kapsama mesafesini probleme özgü belirlemek esası vardır (Darende, 2009: 26). Bu tür tesis yerleştirme problemleri genellikle acil servis sistemlerinin optimum yerleştirilmesi için uygulanan model olarak görülebilir.

Kapasite Kısıtsız Tesis Yeri Seçim Problemi: Bu tür problemlerde model analiz edilmeden önce kurulacak tesis sayısı belirsiz olup optimum konuşlanacak tesislerde kapasite sınırı olmadığı kabul edilir. Asıl amaç toplam maliyeti en aza indirecek şekilde tesislerin yerleştirilmesidir. Yeni tesislerin açılmasından doğan maliyet, toplam giderin içindedir (Ballı, 2014: 24).

Kapasite Kısıtlı Tesis Yeri Seçim Problemi: Kapasite kısıtlı tesis yeri seçim problemleri temelde kapasite kısıtsız tesis yeri seçim problemleri gibi düşünülebilir ancak bu tür problemlerde hizmet sunan tesislerin kısıtlı kapasiteleri vardır. Bu tür problemlerde optimum konuşlandırma için talep yerleri yalnızca bir hizmet vericiden değil de birden çok tesisten taleplerini karşılayabilmektedirler (Sule, 2001: 21–22).

Karesel Atama Problemi: Bu modelde tesisler ve hizmet alacak yerler arasında atama özellikleri tanımlanmıştır. Karesel atama problemi şeklinde isimlendirilmesinin nedeni n adet tesisin n adet konuma aynı anda konuşlandırılmasındandır. Bu modellerde hedef, tesis ile talep noktaları arasındaki bağlantı ve mesafe değişkenlerinin çarpımı ile oluşan toplam değeri en küçüklemektir. Bu problemlerde n tane tesis konuşlandırılacaksa n! kadar farklı çözüm ortaya çıkar. n! kadar farklı çözüm içeren modeller güçlü yazılımlarla dahi çok uzun sürelerde analiz edilebilirler (Bastı, 2012).

Küme Kapsama Modeli: Bu tür problemlerde bütün talep noktalarının minimum sayıda hizmet sunucu tesis tarafından taleplerinin karşılanabilmesi için

belli sayıdaki aday tesisi içine alan çözüm kümesi içinden en az maliyet oluşturacak şekilde seçilen tesis, çözüm kümesi olarak belirlenir (Darende, 2009: 23). Bu tür modeller, amaç fonksiyonuna maliyet değişkeni de eklenerek optimum fayda sağlayacak hâle getirilebilir. Belli mesafedeki talep noktalarını kapsayan en az sayıdaki tesisin tespit edilmesini amaçlayan bu modellerde yerleşim birimlerinin nüfusları, ulaşım imkânları, hizmet personeli ve hizmet araçlarının sayısı gibi unsurlar göz önüne alınabilir. Bu gibi kısıtlar modelin amaç fonksiyonuna değişken olarak eklendiğinde istenen optimum çözüme yaklaşılabilir.

Maksimum Kapsama Modeli: Küme kapsama modellerinde bütün talebe cevap verilebilmesi için maliyeti arttıran unsurların tespitinde mevcut kaynaklarla en fazla talebin kapsanabilmesi optimizasyonuna maksimum kapsama modeli denir. Maksimum kapsama modeli, servis aracından belli mesafede kapsanabilen nüfusu ya da talebi en fazla yapan aracın yerleşim modelidir (Church ve ReVelle,1974).

P-Dağılım Problemi: Diğer optimum tesis yerleştirme problemlerinden değişik olarak p-dağılım modellerinde hizmet sunacak tesislerin arasındaki uzunluğa dikkat edilir. P-dağılım problemlerinde esas, hizmet vermesi beklenen iki tesisin arasındaki mesafenin en fazla olmasıdır (Ballı, 2014: 12). Daha çok kâr amaçlı kurulan özel sektör işletmelerini ilgilendiren bu durum için birbirlerine yakın olmaları halinde zarar vermeleri muhtemel kabul edilir. Bu tür yerleşim problemlerine örnek olarak bir ürünün pazarlanması için oluşturulan bayilerin optimum konuşlandırılması verilebilir.

Sabit Maliyetli Tesis Yerleşim Problemi: P-medyan problemleri belirli tesis yerleşim modelleri için optimum yerleşimin sağlanmasında üç koşula dayanır. İlk olarak her muhtemel tesisin eşit ve sabit maliyetle oluşturulabileceği varsayılır. İkinci koşul ise tesislerin talepler karşısında kapasite sınırının olmadığı kabul edilir. Yani oluşturulan problemlerin sınırsız kapasiteli oldukları düşünülmektedir. Üçüncü ve son koşul olarak kaç tane hizmet verecek tesisin oluşturulacağının çalışmanın başından itibaren bilindiği kabul edilmektedir. Sabit maliyetli yerleşim problemleri bu üç koşulu belli ölçüde esnetirler. Bu tür tesis yerleştirme problemlerinde amaç, toplam açılacak tesis sayısını ve ulaşım masraflarını en aza indirmektir. Bu kriterler

çerçevesinde optimum açılan tesis sayısı ve yerinin tespiti ile talep noktalarının hizmet verecek tesislere atanması sağlanmış olur. Kapasite sınırının olmadığı varsayımının esnetilmesi ile talepler en yakın tesislerle karşılanamayabilir (Kumru ve Yenersoy, 2009).

Ana Dağıtım Üssü Yerleşim Problemi: Dağıtım üssü yerleşim problemleri tüm talep noktaları ile direk bağlantı kurmak yerine daha az talep noktası ile bağlantı kurularak bütün talepleri tek ya da birkaç ana dağıtım üssü ile cevaplamayı hedefleyen yapıdaki yerleşim problemleridir. Ana Dağıtım Üssü üzerinden birbirine bağlanan talep noktalarının en yakın tesise yönlendirilmesi yapılır. Bu yerleşim problemleri daha çok havayolu işletmeleri tarafından tercih edilmektedir. Ana dağıtım üslerinin optimum yerlerinin tespit edilmesi Ana Dağıtım Üssü Yerleşim Problemi olarak isimlendirilir. Dağıtım üssü yerleşim problemlerinin literatürde farklı çeşitleri vardır. Bunlardan en çok tercih edileni p-ADÜ medyan problemidir. P- medyan problemlerinin amaçları ile aynı doğrultuda olan bu modelde maliyeti minimum tutarak belli sayıdaki dağıtım üssünün optimum yerleşimi gerçekleştirilmeye çalışılır (Özger ve Oktal, 2013).

Maksimum Toplam Problemi: Bu tür problemlerde p adet tesisin yerleri tespit edilirken talep yerleri ile hizmet verecek tesislerin arasındaki toplam talep ağırlıklı mesafenin en fazla olması hedeflenir (Aygün, 2014). Bu hedef doğrultusunda tesis yerleştirme problemlerinin literatürü incelendiğinde maksimum toplam problemleri halkın yaşadığı yerleşim yerlerine yakın olması istenmeyen atık veya geri kazanım gibi tesislerin minimum maliyet oluşturacak şekilde konuşlandırılmasında kullanıldığı görülmektedir.

2.1.3. Acil Yardım Tesislerinin Optimum Yerleştirilmesi Problemleri

Acil yardım hizmetlerinin optimum yerleşimi için birçok matematiksel model geliştirilmiş, simülasyon modelleri kullanılmıştır. Acil yardım sistemlerinin meşgul olma ihtimalleri, taleplerdeki değişkenler, kurulum şartları farklılıkları gibi koşullar dikkate alındığında modeller olasılıklı veya deterministik olarak ayrılmıştır. Sistemin belirli zaman aralıklarında farklı ihtiyaclarının karşılanması durumu göz önüne

alındığında dinamik modeller kullanılmıştır. Fakat tüm modellerde kısıtlı kaynaklarla kapsanamayan bir miktar talep olacağı kabul edilmelidir. Acil yardım hizmetleri tesislerinin optimum yerleştirilmesi modellerinde genellikle maliyet göz önüne alınmamıştır. Bu tür tesislerin optimum konuşlandırılmasında genel amaç, var olan kısıtlı kaynaklar ile en uygun tesis yerleşim konumunun belirlenmesi ve hizmet talebinin maksimum karşılanmasıdır.

Acil yardım tesisleri içinde yer alan yaralı toplama noktalarının yer seçimi, kamu sektöründeki yer seçimi problemlerinin özel bir halidir (ReVelle vd., 1977). Drezner (2004) tarafından bir model önerilerek yaralı toplama noktalarının optimum yerleştirilmesi modeli uygulanmıştır. Bu problem, yaralı toplama noktaları olarak kullanılacak p sayıda tesisin optimum şekilde yerleştirilmesini içerir (Darende, 2009: 43).

Yaralı toplama noktaları, yaralıların toplandığı, durumlarına göre sınıflandırıldığı (triyaj), çok acil hastaların tedavilerinin yapıldığı, gerek görülen hastaların sahra hastanelerine ya da afet bölgesi dışındaki hastanelere nakledildiği geçici bir süre için oluşturulan yerlerdir (Schultz vd., 1996).

Afetler sonrası kurulacak yaralı toplama noktaları gibi tesislerin, küçük yerleşim birimlerinde yerleşim yeri giriş veya çıkışlarına, kalabalık yerleşim birimlerinde ise trafik yoğunluk durumuna göre ulaşım için yollara yakın uygun yerlere konuşlanmaları faydalı olur. Yaralı toplama noktalarının afet bölgesi yakınında, olası tehlikelerden uzak, sedye ile yaralıların taşınabileceği mesafede güvenli bir yerde oluşturulması gerekir (Akdur, 1998: 32–33).

Yaralı toplama noktaları adıyla kurulacak tesisler; okulların veya üniversitelerin yerleşim alanları, futbol sahaları, kamuya ait geniş park ve bahçeler olabilir. Bu gibi yerlerin uygun konum olarak kabul edilebilmesinin sebebi; üstü açık, sarsıntıda çökme ihtimali olmayan, birçok kişiye bir anda hizmet sunabilen ve helikopter konuşlanmasına uygun yerler olmalarıdır (Darende, 2009: 43).

Yaralı toplama noktaları, çok sayıda afetzedeye acil yardım hizmeti gerektiren büyük afet durumlarında faaliyete girer (Drezner vd., 2005). Bu durumlar,

büyük ölçekli bir deprem, hortum, sel ya da beklenmeyen bir savaş olabilir. Büyük boyutlu bir afetle karşılaşıldığında yaralı toplama noktaları öncelikle faaliyete başlamalıdır. Bunlar önceden belirlenmiş, toplumun önceden bilgilendirildiği ya da kurulduğunda topluma hemen duyurulması gereken yerlerdir (Akdur, 1998: 32). Bu noktalar sürekli tıbbi personel ve malzeme yönünden desteklenmelidir, aksi halde kısa sürede fonksiyonunu kaybeder (Schultz vd., 1996).

Drezner (2004), yaralı toplama noktalarının konuşlandırılması modeli için acil yardım hizmetlerinin optimum yerleştirilmesi modellerine ek olarak bazı varsayımlarda bulunmuştur. Bunlar (Darende, 2009: 42):

- Afet bölgesinde alt yapı, afetin özelliğinden dolayı zarar görmüş olabilir.
- Acil yardım ekipleri talep yerlerine ulaşmakta zorluk çekiyor olabilir.
- İlk yardım tesisleri yardım taleplerini karşılamakta zorlanabilirler.
- AFAD tesislerinin kendileri de hasar görmüş olabilir.
- Yaralılar en yakın yaralı toplama noktalarından kendi imkânları ile ya da yaya olarak yardım alabilirler.

Yaralı toplama noktalarında verilmesi gereken temel ilk yardım hizmetleri aşağıda sıralanmıştır (Akdur, 1998: 35).

Yaralıların toplanma noktalarına getirilmeleri ve kaydedilmesi,

- Temel ilk yardım hizmeti (triyaj),
- Yerinde ve dikkatli hayat kurtarıcı ilk yardım,
- Yaralıyı belli bir süre tedavi edebilme,
- Yaralıları ilgili sağlık kuruluşlarına sevk etme.

Geniş çaptaki afetlerden sonra çok sayıda yaralının olduğu ve ilk yardım kaynakların yetersizliği dikkate alındığında yaralıların ne zaman ilk yardım hizmeti

alabileceği bilinmediği ve tüm yaralılara ilk yardım yapılmasının mümkün olmadığı afet bölgesinde yaralıların durumlarına göre sınıflandırılması şarttır. Bu faaliyetlere imkân verecek yaralı toplanma merkezlerinin yer seçimi il afet planlarında ya da afet yönetiminde yer alması gerekir.

Daha önceki çalışmalar incelendiğinde acil yardım tesislerinin ve yaralı toplama noktalarının optimum yerleştirilmesini konu alan çalışmalar yapılmıştır ancak bu çalışmada geçen yaralı toplanma merkezleri, yaralı toplama noktalarını içine alan daha kapsamlı tesisler olarak kabul edilmiştir. Aşağıda sıralanan özellikler ile yaralı toplanma merkezlerinin, yaralı toplama noktalarından farklı olduğu varsayılmıştır.

1- Yaralı toplama noktaları afetlerden hemen sonra kurulan geçici yerler iken yaralı toplanma merkezlerinin kalıcı tesislerden oluşturulduğu kabul edilmiştir.

2- Yaralı toplama noktalarında sağlık personeli olarak bir hemşire veya bir sağlık memuru yeterli görülmesine rağmen, toplanma merkezlerinde daha önceden belirlenmiş, sayıları en az bir olmak üzere doktor, hemşire, sağlık memuru, AFAD görevlisi ve bir ambulans bulundurulması gerektiği kabul edilmiştir.

3- Sınırlı sayıdaki toplanma merkezinin AFAD koordine merkeziyle haberleşme ağının afetlerden önce oluşturulduğu varsayılmıştır.

4- Yaralı toplama noktalarında yaralı afetzedelere ilk yardım hizmeti esas alınırken yaralı toplanma merkezlerinde afetzedelerin diğer ihtiyaçları için lojistik destek sağlandığı kabul edilmiştir.

5- Yaralı toplama noktaları il sağlık müdürlükleri tarafından oluşturulurken yaralı toplanma merkezlerinin AFAD ve il valilikleri tarafından oluşturulduğu kabul edilmiştir.

6- Afetlerden önce yaralı toplanma merkezleri yerlerinin yetkililer tarafından halka duyurulduğu kabul edilmiştir.

Yukarıda ifade edilen özellikleri gereği afet sonrasında halkın can kaybını en aza indirmeyi amaçlayan yaralı toplanma merkezlerinin optimum yerleştirilmesinde matematiksel model kullanılmalıdır. Bu çalışmada yaralı toplanma merkezlerinin konuşlandırılması için matematiksel model oluşturulmuş, geleneksel ve geleneksel olmayan optimizasyon yöntemleri ile ayrı ayrı analiz edilmiş ve merkezler optimum fayda temin edecek şekilde yerleştirilmişlerdir.

Gelen başlıklarda yaralı toplanma merkezlerinin konuşlandırılması için kullanılan optimizasyon yöntemlerinden ayrıntılı olarak bahsedilmiştir.

2.2. Optimizasyon

İşletmeler sürekli gelişen ekonomik yapı içerisinde sayısız sorun ile karşılaşmakta ve bu problemlerin optimum çözümü için birçok çözüm yolu geliştirmek ve bu alternatiflerden birini seçmek zorundadırlar. İşletmeler yapılarına uygun alternatif yolları değerlendirirken, taleplerini en az maliyetle cevaplayabilen yolu seçme eğiliminde olurlar. İşte bu en az maliyetle en fazla talebin karşılanma süreci optimizasyon olarak isimlendirilebilir.

Optimizasyon, araştırmaların temelini oluşturan değişimin incelenmesi sırasında eldeki sınırlı kaynaklar ile maksimum fayda temin etme sürecidir. Diğer bir deyişle optimizasyon, minimum girdilerle maksimum fayda sağlama işlemlerinin bütünüdür.

Optimizasyon sürecinde ilk olarak gerçek bir yaşam problemi seçilir, ardından problemin matematiksel modeli oluşturulur ve problemin yapısına uygun optimizasyon yöntemi ile model analiz edilir. Bu işlemler zinciri modelin kriterleri ve kısıtları çerçevesinde çözüm optimum sonuca yaklaştırır (Çakar, 2009: 3).

2.2.1. Model Oluşturma

Bir organizmanın veya kuramın yapısını başlangıçtan anlayabilmek sonra bu yapısal özellikleri kullanarak o kuram veya organizmanın işleyişinin şekiller ya da matematiksel sembollerle ifade edilmesine model denir. Güncel hayat içinde

karşılaşılan her problemin analizinde somut materyallerin kullanılması mümkün olmayabilir.

Bu gibi durumlarda çözülmesi gerekli problemin yapısı matematiksel veya geometrik sembollerle ifade edilip bu semboller bilgisayar yazılımları kullanılarak literatürde var olan algoritmalara dönüştürülebilir. Ancak bilgisayar yazılımları kullanılarak algoritmalara dönüştürme işleminde çok önemli husus algoritmanın problemin yapısını tam anlamıyla yansıtıp yansıtmadığıdır (Çakar, 2009: 3–4).

Problemler matematiksel ifade edilip modellendiğinde üzerinde çalışılan konu daha ayrıntılı ve daha doğru olarak anlaşılabilir. Matematiksel modellenen problemlerde karşılaşılan sorunların çözümü en az maliyetle giderilebilir.

Tesislerin işletilmesinde sürdürülen tüm işlemlerin belli bir zaman aralığında, geleceğe uygun, verimli şekilde tasarlanması ve ileriye dönük doğru, yerinde kararların alınması gerekmektedir. İşletmelerin doğru ve yerinde karar vermeleri için karşılaştıkları problemin matematiksel modelini oluştururken göz önünde bulundurmaları gereken bir takım hususlar vardır. Bunlar; karar değişkenleri ve sınırları, değişkenlerin yapısına göre amaç fonksiyonunu ve amaç fonksiyonunu en uygun şekilde analiz edebilecek optimizasyon metodunu belirlemektir.

Nicel karar analizi problemlerinin doğru ve optimum çözümlerini bulabilmek için matematiksel modellenmeleri gerekir. Bu sebeple yöneylem araştırmalarında problemlerin matematiksel modellenmesi çok önemlidir. Çoğunlukla bir nicel karar analizi problemi modelinde amaç fonksiyonunun en büyüklenmesine veya en küçüklenmesine çalışılır. Model oluşturulurken problemin çözümü için toplanan verilerin yapısına göre amaç fonksiyonu belirlenir ve kısıtları lineer ile lineer olmayan şeklinde tasnif edilir (Özder, 2009: 5).

2.2.2. Model Türleri

Yöneylem araştırması biliminin içinde önemli yeri olan matematiksel modeller; lineer, lineer olmayan, tamsayılı ve rassal olmak üzere dört grupta

toplanabilir. Bunun yanında farklı bir gruplama ise aşağıdaki gibi olabilir (Özder, 2009. 6):

1-İkonik Model: Simgelerle ifade edilen model diye de bilinen, gerçekte var olan bir materyalin veya kavramın çoğunlukla değişik ebatlarda ifade edilmesidir.

2-Analog (çizgi ve grafiğe bağlı) Model: Gerçekte var olan bir materyalin veya kavramın ayrıntılı özelliklerini yansıtan çizgi ve grafiksel modellerdir.

3-Matematiksel Model: Gerçekte var olan bir unsurun veya kavramın sayılar ya da matematiksel simgelerle ifade edilmesidir.

Yöneylem araştırmalarında optimize edilecek problemler için matematiksel modeller kullanılır. Yöneylem araştırmalarında uygulanan yöntemleri öncelikle doğrusal olmayan, deterministik ve olasılıklı modeller şeklinde üç gruba ayırmak mümkündür (Çev; Baray ve Esnaf, 2000: 5–15). Tablo 2.1'de bu üç gurubun kendi içinde sınıflandırılması gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Yöneylem Araştırması Modellerinin Sınıflandırılması

Doğrusal Olmayan Modeller	Deterministik Modeller	Olasılıklı Modeller
Newton-Raphson Yöntemi	Doğrusal Programlama	Markov Karar Süreçleri
Doğrudan Arama Yöntemi	Tamsayılı Programlama	Kuyruk Teorisi Sistemleri
Gradyan Yöntemi	Hedef Programlama	Karar Analizi
Ayrık Programlama	Ulaştırma ve Atama Modelleri	Simülasyon ile Model Kurma
Kuadratik Programlama	Deterministik Dinamik Programlama	Tahmin Modelleri
Geometrik Programlama	Deterministik Stok Modelleri	Güvenirlilik Analizi
Stokastik Programlama	Şebeke (Ağ) Analizi	Olasılıklı Dinamik Programlama
Doğrusal Kombinasyonlar Yöntemi		Olasılıklı Stok Modelleri
		Oyun Teorisi

(Kaynak: Çev; Baray ve Esnaf, 2000: 5–15)

Tablo 2.1'de ifade edilen geleneksel optimizasyon yöntemleri içinde yer alan modellerin tümü açıklanmamıştır ancak deterministik dinamik programlama modellerinin uygulamalarından olan Lagrange Çarpanları yöntemi ve Tablo 2.1'de belirtilmeyen geleneksel olmayan optimizasyon yöntemlerinden Genetik Algoritmalar, sonraki başlıklarda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.2.3. Optimizasyon Modelleri

Son yarım asırdır sayısal hesaplamalar için geliştirilen bilgisayar programları uygulamalarının hızlı, sürekli gelişmesi optimizasyon metotlarında ve uygulamalarında büyük ilerleme sağlamıştır. Bu alandaki bilgi ve tecrübenin artması ile optimizasyon yöntemleri özellikle mühendislik, işletme ve ekonomi gibi farklı alanlarda kullanılmaya başlanmış ve yakın zamana kadar çözümü zor diye nitelendirilen problemlerin kolaylıkla çözülebileceğini göstermiştir (Çakar, 2009: 3).

İşletmelerde ciro ve kâr gibi bazı unsurların maksimum olması hedeflenirken maliyet ve masraflar gibi diğer değişkenlerin de minimum olması hedeflenir. Bu durumda optimizasyon kavramı hedeflenen iki durumu da içine almaktadır. Optimizasyon hesaplamalarında istenen optimal değere ulaşmak için bir dizi matematiksel işlemler yapılır. Bu işlemlerin uygulaması; optimum değerin bulunmasında kullanılan yöntemler, yaklaşımlar ve algoritmalardır (Antoniou ve Lu, 2007: 2).

Optimizasyon yöntemlerinin çok farklı alanlarda uygulama imkânı vardır. Özellikle üretim işletmelerinde makinelerin yerlerinin dizaynı, üretim hatlarının modellenmesi, üretim süreci optimizasyonu, maksimum kalite temini ve minimum hatalı ürün elde etme gibi çok farklı üretim konularında optimizasyon teorisinin uygulamaları mevcuttur.

Günümüzde işletme problemlerinin birden fazla çözümü vardır. Bu çözümler arasından birtakım kriterlerle seçilen en iyi çözüm analiz edilerek optimizasyon sağlanabilir. Eğer seçilen problemde alternatif çözüm üretmeyi sağlayacak parametre seti yok ise eldeki tek çözüm optimum çözümdür. (Çakar, 2009: 4).

Optimizasyon alanındaki yöntemler dört farklı başlık altında toplanabilir (Antoniou ve Lu, 2007: 2):

Analitik Yöntemler: Klasik türev hesaplamaları temeline dayanmaktadır. Seçilen problemin ilk olarak matematiksel gösterimlerle açıklanabilmesi şartı vardır. Bilgisayar yazılımı kullanma şartı olmamakla birlikte yüksek dereceden, doğrusal olmayan ve üçten daha fazla bağımsız değişken içeren modellerde bu yöntem uygulanmamaktadır.

Grafiksel Yöntem: Maksimum ya da minimum yapılmak istenen amaç fonksiyonunun grafiği çizilip grafikteki optimum noktaların tespiti için kullanılır. Birçok optimizasyon modelinde amaç fonksiyonu dört veya daha çok değişken içerdiğinden grafiksel yöntemin uygulaması da kısıtlı kalmaktadır.

Deneysel Yöntem: Sistemin optimum performansının denenerek çözülebildiği durumlar için geçerlidir. Bu yöntemde değişkenlerin aldığı değerlere göre değişim incelenerek istenen durum elde edilinceye kadar deneyler yapılmaya devam edilir. Birçok modelde optimum sonuçlar vermekle birlikte iki ya da daha çok değişkenin birbirlerini etkiledikleri durumlarda sonuçlar güven vermemektedir.

Sayısal Yöntemler: Optimizasyon alanında en güvenilir yöntem olarak kabul edilir çünkü oluşturulan modelleri matematiksel hesaplamalarla analiz eder. Sayısal yöntemlerle oluşturulan modeller geleneksel ve geleneksel olmayan yöntemlerle ayrı analiz edilebildiğinden daha güvenilir sonuçlar vermektedir.

Optimizasyon problemleri için birinci önemli husus; amaç, değişkenler ve kısıtların bulunduğu modelin oluşturulmasıdır. Probleme uygun model oluşturulduktan sonra ilgili optimizasyon algoritmaları modele uygulanır. Tüm optimizasyon problemlerine uygulanabilecek ortak bir algoritma yoktur. Ancak belirli türden problemler için geliştirilmiş algoritmalar vardır. En uygun algoritmanın seçimi hızlı ve güvenilir sonuçlar elde etmenin ilk şartıdır.

İkinci önemli husus, amaç fonksiyonuna problemin en uygun şekilde çözülmesini sağlayacak kısıtların eklenmesidir. Aksi takdirde optimum çözümün oluşması engellenebilir.

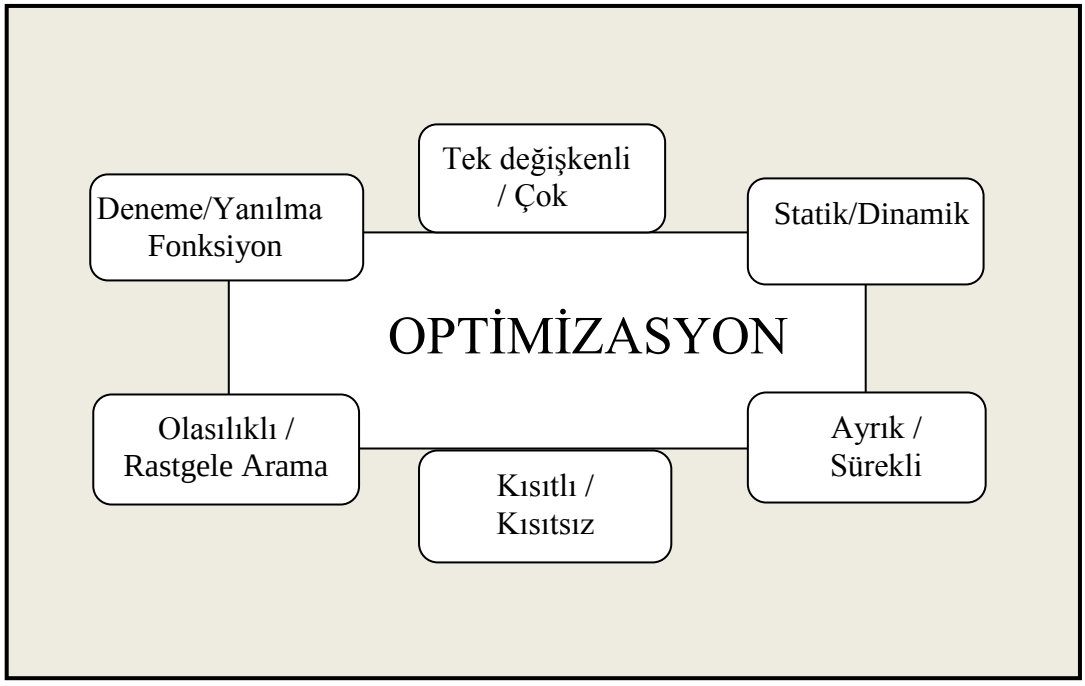
Oluşturulan modelin analizinden sonra model için uygun görülen optimizasyon yönteminin optimum çözüm sağlayıp sağlamadığı iyi yorumlanmalıdır. Bu yorumlama ancak değişik matematiksel dönüşümler uygulayarak ya da gelişmiş bilgisayar yazılımları kullanılarak yapılabilir. Modelin amaç fonksiyonundaki değişkenlerin kısıtlarına değişik değerler atayarak modelin güvenirliği duyarlılık analizi ile belirlenebilir (Nocedal ve Wright, 2006: 2).

2.2.4. Optimizasyon Problemlerinin Sınıflandırılması

Optimizasyon problemleri ve bu tür problemlerin analizini ilgilendiren yöntemler kısıt ve değişkenlere göre değişik şekillerde gruplandırılmaktadır. Modeli oluşturan değişkenlerin ve kısıtların parametrik özellikleri, optimizasyon

problemlerini sınıflandırabilmek için temel oluştururlar. İşletme problemlerinin optimizasyonlarında amaç fonksiyonunun arama uzayı içinde en uygun çözümü bulabilmesi için iki durumdan bahsetmek mümkündür. Bu durumlar, amaç fonksiyonunu oluşturan değişkenlerin kısıtlı olması ya da olmamasıdır.

Şekil 2.1. Optimizasyon Problemlerinin Sınıflandırılması



(Kaynak: Haupt ve Haupt, 2004: 3)

Şekil 2.1'de görüldüğü üzere optimizasyon problemlerinin sınıflandırılması altı grupta toplanmıştır. Bu sınıflandırma sol üst baştan başlanarak aşağıda açıklanmıştır (Haupt ve Haupt, 2004:3):

1- Deneme-yanılma yaklaşımı sonucun kesin olarak belli olmadığı, değişkenlerin kısıtlar vasıtasıyla ayarlanabildiği durumlar için geçerlidir. Penisilinin antibiyotik olarak bulunuşu dâhil birçok buluş, bu yöntemle yapılmıştır. Deneme - yanılma yönteminin aksine matematiksel yöntemlerle oluşturulan modelin amaç fonksiyonunda yapılan birtakım matematiksel işlemlerle optimum sonuca varılabilir (Haupt ve Haupt, 2004: 4).

2- Amaç fonksiyonu tek değişkenli ise optimizasyon tek boyutludur. Birden fazla değişkeni olan modeller çok boyutlu optimizasyon modelleri olarak adlandırılırlar. Modellerin değişkenleri artıkça optimizasyon boyutu artacağından çözüm güçleşir ve güvenirliği azalır. Bu nedenle çok boyutlu optimizasyon modelleri tek boyutlu modellere indirgenerek çözülmeye çalışılır.

3- Dinamik optimizasyon, çıktıların zamana bağlı bir fonksiyonu iken statik optimizasyon, çıktıların zamandan bağımsız olma durumudur. En iyi çözümün elde edilmesi için statik modellere zaman değişkeni eklenebilir ve dinamik bir model haline getirilerek çözüm kolaylaşabilir.

4- Optimizasyon problemleri, modeli oluşturan değişkenlerin ayrık ya da sürekli olmalarına göre de sınıflandırılabilir. Ayrık değişkenler sınırlı sayıda olası değer alabilirken sürekli değişkenler sınırsız sayıda değer alabilir. Belirlenmiş bir hedefin içinde yer alan sıralı aşamaların hangi sıra ile uygulanacağı kesikli optimizasyonu oluşturur. Kesikli optimizasyon, literatürde kombinatoryal optimizasyon olarak da isimlendirilir (Nocedal ve Wright, 2006: 5).

5- Optimizasyon problemleri kısıtların varlığı dikkate alınarak kısıtlı ve kısıtsız olarak sınıflandırılabilir (Rao, 1996: 15). Çoğunlukla değişkenlerin alt ve üst limitleri vardır veya değişkenleri ilgisiz aramalardan kurtaracak kısıtlar mevcuttur. Kısıtlı optimizasyon amaç fonksiyonundaki değişkenlerin kısıtlarını içeren eşitlik ve eşitsizlikleri içermektedir. Sınırlandırılmamış optimizasyonda ise değişkenler belli bir arama uzayında her değeri alabilirler. Birçok optimizasyon problemi sınırlandırılmamış olarak modellendiği takdirde, optimum sonuca götürmektedir. Eğer kısıtlı optimizasyonu oluşturan değişkenler doğrusal bir fonksiyon olarak ifade edilebilirse optimizasyonu yapılan model, lineer program şeklinde isimlendirilir. Ancak kısıtların doğrusal olmadığı durumlarda model doğrusal olmayan (non lineer) programlama modeli diye isimlendirilmektedir (Haupt ve Haupt, 2004: 4, Nocedal ve Wright, 2006: 6).

6- Bazı optimizasyon yöntemleri bir arama uzayının önceden tespit edilmiş veri setini değişkenlerin değerleri olarak kabul eden amaç fonksiyonun yapısına göre

minimum ya da maksimum değeri bulmayı hedefler. Lokal minimum / maksimum değere rastgelme durumu olmasına rağmen, yine de bu yöntemler hızlıdır. Geleneksel optimizasyon yöntemleri olarak bilinen bu yöntemler aslında türev tabanlıdırlar. Geleneksel olmayan olasılık tabanlı yöntemlerde değişkenlerin veri seti rassaldır.

Optimum şekilde çözülmesi istenen model türünün belirlenmesi, genel itibariyle kullanılacak optimizasyon modelinin kısıt ve değişkenlerinin yapısı hakkında tercih alternatifleri sunar. Amaç fonksiyonunu oluşturan değişken ve kısıtların birinin dahi doğrusal olmaması, modelin bir NLP (non lineer programming) olduğunu gösterir. Kısıt veya değişkenlerden bazılarının doğrusal olmaması doğal bir durumdur. Aslında bu yönüyle diğer tüm optimizasyon modelleri doğrusal olmayan modellerin özel bir hali olarak düşünülebilir.

Optimizasyon problemlerinde asıl amaç optimum çözümün bulunmasıdır. Lokal optimizasyon belli değerler arasında tek optimum değerin varlığının gösterilmesi için kullanılır. Modelin kısıtlarının ve değişkenlerinin alacağı değer aralığı içinde birden fazla yerel ekstramum değeri varsa farklı noktaları başlangıç değeri kabul ederek arama yapar. Bu yöntem yerel minimum veya maksimum değere takılabileceğinden literatürde çoğunlukla kabul görmemiştir. (Zhigljavsky ve Zilinkas, 2008: 2).

Optimizasyon modellerinin diğer bir sınıflandırma şekli de amaç fonksiyonundaki değişken ve kısıtların yapısına göredir. Bu sınıflandırmaya göre optimizasyon modelleri; lineer, lineer olmayan ve geometrik modeller şeklinde sınıflandırılmaktadır. Modelin analizi açısından düşünüldüğünde kısıtların ve değişkenlerin fonksiyonel yapısı sınıflandırmaya temel teşkil ettiğinden sonuçların güvenirliği açısından bu tür bir ayrıştırma faydalıdır (Rao, 1996: 19).

Optimizasyon yöntemlerinin sınıflandırılması çalışmaları geniş bir perspektifle incelendiğinde geleneksel ve geleneksel olmayan optimizasyon yöntemleri olarak da ayrıştırılmaları mümkündür. Çalışmanın modeli hem geleneksel

hem de geleneksel olmayan optimizasyon yöntemleri ile analiz edildiğinden bu yöntemler gelen başlıklarda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.2.4.1. Geleneksel Optimizasyon

Sürekli bir fonksiyonun türev tanımı çerçevesinde extramum (maksimum ve minimum) değerlerinin bulunmasına geleneksel optimizasyon denir. Ancak geleneksel optimizasyon yöntemi, sadece türev hesaplamalarına dayalı olmayıp Analitik Geometri teorileri temel alınarak da problemin amaç fonksiyonunun doğrusal veya doğrusal olmayan grafiklerinde istenen optimum değer aranabilir. Bu nedenle geleneksel optimizasyon Şekil 2.2'de gösterildiği gibi iki temel gruba ayrılarak incelenmiştir.

Şekil 2.2. Geleneksel Optimizasyon Yöntemlerinin Sınıflandırılması



(Kaynak: Bal, 1995: 4 - kısmen alınmıştır)

Geleneksel optimizasyon yöntemlerinin bir matematiksel modelin analizinde uygulanabilmesi için modelin amaç fonksiyonunun aşağıdaki temel özellikleri taşıması gereklidir (Bal, 1995: 4):

- Fonksiyonlar sürekli ve türevlenebilir olmalıdır.

- Çok küçük pozitif ve negatif bütün h (değişkenlerin değerlerine verilen uygun artış miktarları) değerleri için f (x_0) ≤ f (x_0 + h) ise f(x) fonksiyonu x_0 (başlangıç değeri)'da yerel minimuma sahiptir.

- f (x_0) ≥ f (x_0 + h) ise f (x) fonksiyonu x_0 'da yerel maksimuma sahiptir.

- f (x) fonksiyonu tanımlı olduğu bölgede bütün x değerleri için f (x_0) ≤ f (x) ise, f (x) fonksiyonu x_0'da mutlak veya tanımlı olduğu bölgede minimuma sahiptir.

- f (x_0) ≥ f (x) ise, f (x) fonksiyonu x_0'da mutlak veya bölgesel maksimuma sahiptir.

Bir optimizasyon veya matematiksel programlama problemi, n değişkenli olup x = (x_1, x_2,..., x_n), (x_i , i.değişkenin değerini göstermektedir) şartlarına göre z=f(x) fonksiyonunu minimize veya maximize eden x=$\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ çözümünün bulunması işleminden oluşur (Bal, 1995: 5).

Şekil 2.2'de sınıflandırılması yapılan geleneksel optimizasyon yöntemlerinin içinde, çalışma ile yakından ilgisi olan kısıtlı optimizasyon ve yöntemleri hakkında temel bilgilerin verilmesi yerinde olacaktır.

Kısıtlı Optimizasyon: Kısıtlı doğrusal olmayan optimizasyon modelleri, kısıtları eşitlik veya eşitsizlikler halinde verilmiş olan modellerdir. Modeller değişkenlerin kısıtlı ve kısıtsız olmalarına göre oluşturulmuştur. Kısıtlı olan modellerin analitik çözümleri ikiye ayrılır. Kısıtları eşitlik halinde verilenler Lagrange Çarpanları yöntemi ile kısıtları eşitsizlik halinde verilenler ise Kuhn-Tucker şartları yöntemi ile çözümlenir.

Kısıt olmadan optimizasyon yapıldığında amaç fonksiyonunun hiçbir değişkeni diğer değişkenler üzerinde sınırlayıcı etki oluşturmadığından optimum sonuca ulaştığı açıktır. İşletmeler üretim miktarı veya toplam harcama kısıtı gibi sınırlar altında optimum sonuca ulaşmak amacıyla bir model oluşturmuş olabilirler. Böyle bir durumda amaç fonksiyonunun değişkenleri arasında, birbirlerini kısıtlayan

bir bağıntı oluşur. Kısıtlı hale gelen amaç fonksiyonu kısıtlı optimizasyon yöntemleri ile analiz edilir ve istenen en uygun çözüme ulaşılır.

Kısıtlı optimizasyon problemlerinin çözüm yöntemlerinden Lagrange Çarpanları yöntemi, çalışmanın analiz kısımlarının anlaşılmasında faydalı olacağından gelen alt başlıkta ayrıntılı olarak verilmiştir.

2.2.4.1.1. Lagrange Çarpanları Yöntemi

Doğrusal olmayan programlamada kısıtlı optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılır. Yöntemin esası, problemi zorlaştıran kısıtların bir ceza değeri (Lagrange Çarpanı) ile amaca uygun hale getirilerek amaç fonksiyonuna eklenmesi dir. Problemler bu şekilde parçalanıp alt kısımlara bölünerek daha kolay ve hızlı çözülecek hale gelirler.

Modele Lagrange Çarpanı eklenmesi sonucunda elde edilen amaç fonksiyonun türevi alınamayabilir, bu da yöntemin dezavantajını oluşturur. Bu durumda fonksiyonun kısıtları ceza değerleri ya da deneme yanılma yoluyla uygun hale getirilmelidir. (2.1) eşitliğinde optimize edilecek modelin amaç fonksiyonu ve (2.2) eşitliğinde amaç fonksiyonunu oluşturan bir kısıt verilmek üzere Lagrange Çarpanı yöntemi ile çözülebilecek bir model verilmiştir (Atan, 2015).

$$\mathbf{Z_{min,max}} = \mathbf{f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)} \qquad (2.1)$$

$$g_i(x) = b_i \qquad (2.2)$$

Lagrange Çarpanları yönteminin iki temel varsayımı vardır (Atan, 2015):

1- Kısıtlayıcı fonksiyon sayısı, bilinmeyen değişken sayısından az olmalıdır.

2-Amaç fonksiyonu ve kısıtlar sürekli ve türevleri alınabilen fonksiyonlar olmalıdır.

Modelin amaç fonksiyonu ve kısıtlarından oluşan Lagrange fonksiyonu birleştirilerek aşağıdaki biçimde gösterilebilir (Bertsimas ve Tsitsiklis, 1997: 140):

$$L(x, \mu) = f(x) + \sum \mu_i \left(b_i - g_i(x)\right) \qquad (2.3)$$

L, Lagrange fonksiyonu ve μ_i Lagrange Çarpanları değerleridir. Lagrange fonksiyonun kullanılmasıyla m kısıtlı problem, m Lagrange çarpanlı kısıtları amaç fonksiyonuna uyarlanmış denklem sistemi haline gelir. Bu denklem sistemi eşitlik (2.4)'te verilmiştir. Elde edilen denklem sisteminin çözüm kümesi Lagrange fonksiyonunu sağlar böylelikle modelin optimum çözümüne ulaşılır.

$z_x = f_x - \mu g_x = 0$ (2.4)

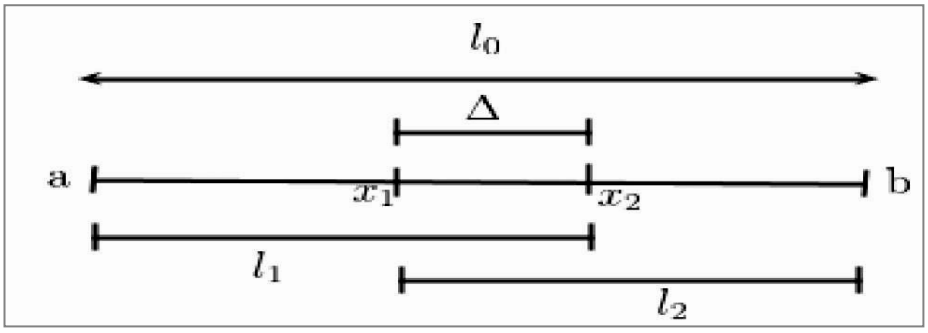
$z_y = f_y - \mu g_y = 0$

$z_\mu = c - g(x, y) = 0$

2.2.4.1.2. Doğrudan Arama Yöntemi

Değişken sayısı birden fazla ve türevi alınamayan problemlerin çözümünde geleneksel optimizasyon yöntemlerinden ancak geleneksel olmayan arama teknikleri şeklinde arama yapan doğrudan arama yönteminin kullanılması uygundur. Bu yöntemin temel düşüncesi, optimum çözüm değerini içerdiği bilinen bir aralığı tanımlamak ve optimum çözüm bulununcaya kadar aralığı daraltmaktır. Bu aralık başta istenildiği kadar küçük tutulabilir (Eray, 2013: 3). Bu yöntem Şekil 2.3'de gösterilmiştir.

Şekil 2.3. Optimum Çözüm Kümesine Ait Belirsizlik Aralığı



(Kaynak: Atan, 2015)

Şekil 2.3'de l_0 çözümü aranan problemin çözüm aralığı olmak üzere; $[a, b]$ l_0 içinden alınan bir alt aralık, Δ uzunluğundaki $[x_1, x_2]$ aralığı da $[a, b]'$ nin alt

aralığıdır. Bu şekilde yeni l_1 ve l_2 alt aralıklar seçerek optimum çözüm aralığı elde edilinceye kadar aralık küçültülebilir.

2.2.4.1.3. Yerine Koyma Yöntemi

Doğrusal olmayan programlamanın kısıtlı optimizasyon yöntemleri içerisinde optimum çözüme götüren en kolay yol yerine koyma yöntemi şeklinde adlandırılan yöntemdir. Bu yöntem ancak tek değişkenli kısıtlardan oluşan amaç fonksiyonların varlığında uygulanır. Bu yöntemin çalışma esası, değişkenleri birbiri yerine koyarak denklem sistemleri halindeki kısıtlar sisteminin çözüm kümesini bulmaktır. Bu yöntemle kısıtlı optimizasyon modeli bir çeşit kısıtsız optimizasyon modeline dönüşmüş olur.

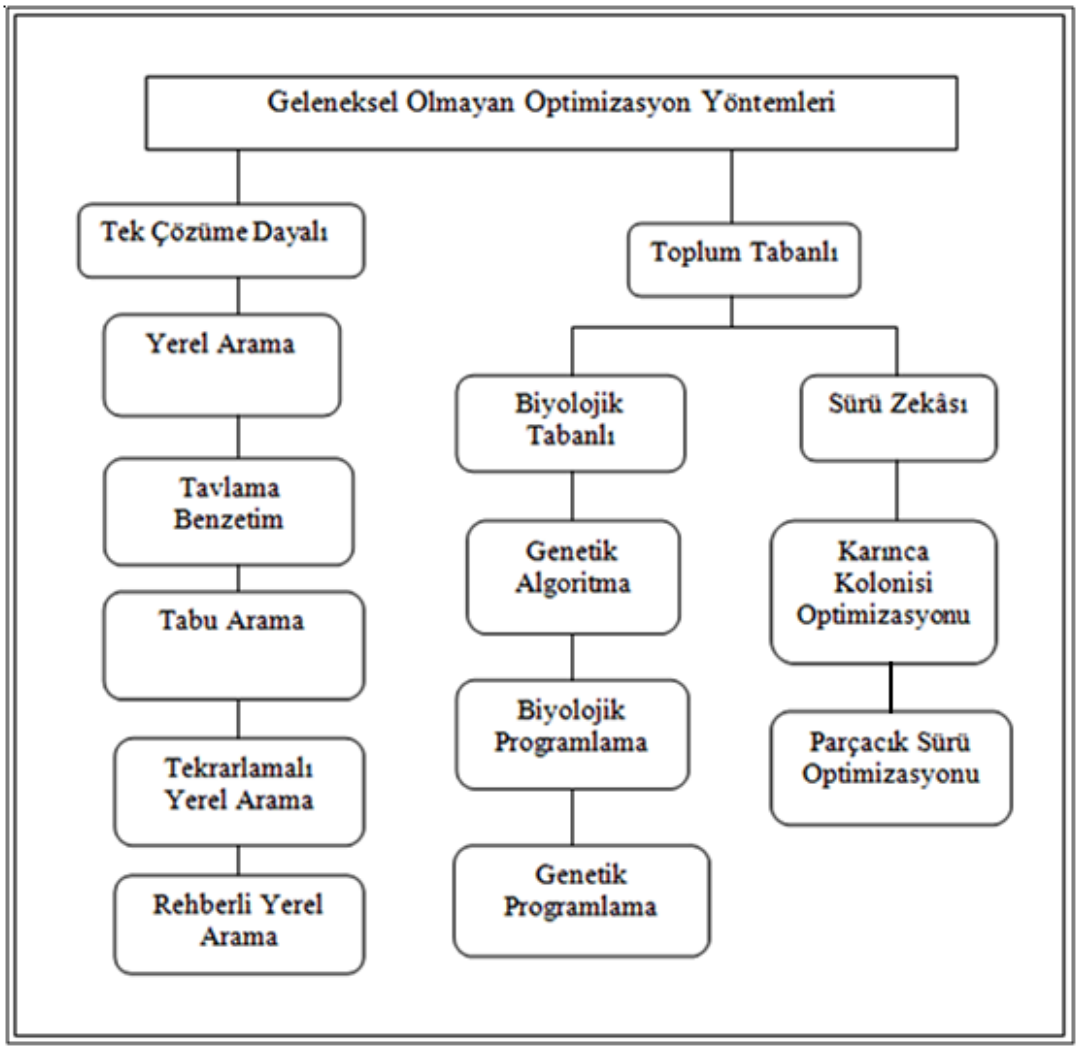
2.2.4.2. Geleneksel Olmayan Optimizasyon Yöntemleri

Zeki optimizasyon yöntemleri içinde yer alan yapay zekâ optimizasyon yöntemleri geleneksel yaklaşımların aksine kesin çözüme ve türev hesaplamalarına bağlı olmayan yöntemlerdir. Bu algoritmalar herhangi bir çözümü gerçekleştirmek veya amaca ulaşmak için çeşitli alternatiflerden en uygun çözüme ulaştıracak olanlara karar vermek amacı ile kullanılan teknikler veya bilgisayar metotlarıdır. Kesin çözüm yöntemleri ile çözüm sağlanabilen problem verilerinin kısıtlı olması ve ihtiyaç duyulan hesap sürelerinin uzunluğu araştırmacıları daha büyük problemler için en uygun çözüm olmasa da "uygun" çözüme daha hızlı ulaşabilen metotlar üzerinde çalışmaya yöneltmiştir.

Yapay zekâ optimizasyon algoritmalarının uygulama sonuçları aynı zamanda kesin çözüm metotları için alt ve üst sınır oluşturmaları nedeni ile de önemlidir. Bu tür çözüm algoritmaları kesin çözümü garanti etmezler ancak amaca uygun bir çözümü bulmayı garanti edebilirler (Bolat ve diğ., 2004).

Geleneksel olmayan optimizasyon yöntemlerinin sınıflandırılması Şekil 2.4'de gösterilmiştir.

Şekil 2.4. Geleneksel Olmayan Optimizasyon Yöntemlerinin Sınıflandırılması



(Kaynak: Onan, 2013)

Şekil 2.4'de geleneksel olmayan optimizasyon yöntemlerinin iki gruba ayrıldığı görülmektedir. Bu gruplardan birincisi tek çözüme dayalı ikincisi toplum tabanlı olan optimizasyon yöntemleridir. Bu yöntemler gelen başlıklarda ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.2.4.2.1. Tek Çözüme Dayalı Optimizasyon Yöntemleri

Tek bir çözüme bağlı geleneksel olmayan optimizasyon yöntemlerinde alternatif çözümlerin olmayışı bu tür yöntemlerin tercih edilmelerini sınırlar. Bu tür

yöntemler amaç fonksiyonuna bağlı olarak, kısıtlar çerçevesinde belli değerlerin komşulukları arasında arama yaparlar. Tek çözüme dayalı optimizasyon yöntemleri alternatif çözüm üretme konusunda amaç fonksiyonunun değişkenlerini sınırların komşuluk değerine bağlı değiştirerek arama yapar ve o komşuluk değerleri arasında optimum çözümü bulmaya çalışırlar (Crainic ve Toulouse, 2009).

Çalışmanın izleyen başlıklarında tek çözüme dayalı geleneksel olmayan optimizasyon yöntemlerinden Yerel Arama, Benzetilmiş Tavlama, Tabu Arama, Tekrarlamalı Yerel Arama ve Rehberli Yerel Arama hakkında bilgi verilecektir.

Yerel Arama Algoritması: Yerel arama yapan yöntemler, sadece bir noktayı temel alarak bu noktanın yakınlarında benzer fakat amaç fonksiyonunun arama kıstaslarına daha uygun noktaları tercih ederek ilerleyen metotlardır. Yerel Arama Yöntemleri esasen aday noktaların oluşturulmasında daha uygun bir nokta bulunmadığı takdirde sonlandırılır. Bu algoritmanın, daha iyi bir konumun veya noktanın tercih edilmesi ile aramaya devam edilmesi ya da sonlandırılması durumunda çıkan çözümlerin tümünün listelenmesi işlemlerinden oluşan bir yapısı vardır (Talbi, 2009: 122).

Yerel Arama Algoritmaları, sistemli bir şekilde arama yapan optimizasyon yöntemleri olmamalarına rağmen, yeterince az sayıda yaklaşım kriteri kullanmaları ve zeki optimizasyon teknikleri kullanmanın uygun olmadığı durumlarda, oldukça geniş veya sınırsız arama uzayına sahip optimizasyon problemlerine mantıklı çözümler sunmaları sebebi ile tercih edilirler (Russell ve Norvig, 2010: 441).

Benzetilmiş Tavlama Algoritması: Benzetilmiş Tavlama Algoritması, ayrık değişkenli optimizasyon problemlerinin analizinde kullanılan yerel arama yöntemlerindendir. Tavlama Algoritması, metal ve malzeme biliminin temelini teşkil eden malzemelerin ya da onları oluşturan metallerin ısıl işlem karşısında sertliklerinde ya da mukavemetlerindeki değişikliklerden yola çıkarak, ayrık değişkenli optimizasyon problemleri ile benzerlikler kurar ve güncel hayattaki problemlere optimizasyon mantığı dâhilinde bu yöntemle çözüm bulmayı hedefler. Metalürjide tavlama, bir metalin ısı ya maruz kaldığı durumda minimum enerji

seviyelerinin sağlanması şartını sağlayan ısıtılma süreci olarak bilinir. Isıya maruz kalma süreci iki aşamalıdır: Önce metal erime noktasına gelinceye kadar ısı arttırılır ve ardından metali oluşturan tanecikler en düşük enerji seviyesine gelinceye kadar ısı düşürülür. Bu süreçte metalin hangi sıcaklık değerlerinde mukavemetli olduğu belirlenir (Onan, 2013). Metallerin ısıya maruz kaldıklarında enerji seviyelerindeki değişimler, optimizasyon problemlerinde çözüm kümesi elemanlarının amaç fonksiyonunda yerine koyulduklarında çıktılardaki değişiklikler gibidir.

Tabu Arama Algoritması: Tabu Arama Algoritması Modellerinde amaç fonksiyonunun sürekli olmadığı yani ayrık yapıda oldukları kabul edilir. Tabu Arama Algoritmasında, yerel optimum değer bulunduğunda, mevcut çözümü en uygun hale getirmeyen çözümlerde seçilir ve arama işleminin yeniden daha önce kullanılan değerleri kullanmasını engellemek amacı ile tabu listesi diye nitelendirilen bir hatırlatma listesi sistemi kullanılır. Tabu listesi, daha önceki aramaların bilgisini tutar yani geçmişteki verileri kullanarak süreci devam ettirir. Esasen tabular istenmeyen çözümlerin kodlanması olarak ifade edilse de modele daha uygun çözümlerin kodlanması şeklinde de uygulanabilir (Çayıroğlu, 2015).

Tekrarlamalı Yerel Arama Algoritması: Tekrarlamalı Yerel Arama Algoritması, yerel arama algoritmasının işlevini arttırmak için oluşturulmuş bir geleneksel olmayan optimizasyon yöntemidir. Esasen bir Yerel Arama Algoritmasını, Tekrarlamalı Yerel Arama Algoritması şekline getiren iki ana durum vardır. İlki, aramanın sadece bir çözümle devam ettirilmesi ikincisi arama uzayında daha iyi çözümlerin elde edilmesini sağlayan yeni kıstasların varlığıdır (Lourenço vd., 2003: 30).

Tekrarlamalı Yerel Arama yönteminde ilk olarak, oluşturulan modelin başlangıç değerleri kullanılarak ilk çözüm elde edilir, ardından daha iyi çözümlerin elde edilmesi için Benzetilmiş Tavlama ve Tabu Araması gibi yaklaşımlardan yararlanarak arama uzayı daraltılır böylelikle her bir yeni aramada en iyiye giderek arama uzayının her tarafı taranmış olur (Talbi, 2009: 147).

Rehberli Yerel Arama Algoritması: Bu algoritmada, amaç fonksiyonundaki değişkenlerinin alt ve üst sınırları değiştirilerek, arama işlemi esnasında yerel optimum değere takılmadan arama yapılmasını sağlar. Bu yaklaşımda, amaç fonksiyonunu oluşturan değişken ve kısıtlara ek ceza katsayıları ilave edilir. Bu ceza değerlerinin eklenebilmesi için sınırların reel sayı değerleri şeklinde ifade edilmiş olmaları gerekir. İlk olarak ceza katsayıları sıfır olarak modele dâhil edilir, yerel arama modeli optimum değeri aldığında artırılır (Onan, 2013).

2.2.4.2.2. Toplum Tabanlı Optimizasyon Yöntemleri

Toplum tabanlı optimizasyon yöntemlerinde modelin her bir yeni aramasında bir değer için arama yapmak yerine bir değer aralığı alarak optimum arama yapan yöntemlerdir. Toplum Tabanlı Zeki Optimizasyon Yöntemleri, arama uzayı değerlerini tek tek almak yerine gruplar halinde tarar. Bu tür yaklaşımların temeli benzetilen toplum yapısının nasıl işlediğinden yola çıkılarak geliştirilmiştir.

2.2.4.2.2.1. Biyolojik Tabanlı Arama Yöntemleri

Biyolojik Programlamada, mutasyon işlemi tercih edilirken aynı biyolojik canlı ile birleşmeyi kabul etmeyen bir yaklaşım kabul edilir. Geleneksel biyolojik tabanlı programlama, güncel hayat problemlerindeki zaman serileri analizlerini yapabilmek için geliştirilmiştir. Son zamanlarda Biyolojik Tabanlı Optimizasyon, sürekli optimum çözümün elde edilmesi problemlerinde kullanılmaktadır (Talbi, 2009: 203). Biyolojik Programlama, başlama, mutasyon, analiz ve seçme şeklinde dört temel unsurdan oluşmaktadır. Başlama sürecinde, diğer biyolojik tabanlı modellerde olduğu gibi optimum değere ulaştırabilecek bireylerin var olduğu topluluğa ilk değer atanır. Mutasyon işlemi, arama uzayındaki tüm çeşitli değerlerin kullanılması için; seçim işlemi ise bir sonraki optimum özellikteki bireylerin belirlenmesi için kullanılır. Analiz sürecinde uygun şartları taşımayan bireylerin elenmeleri için uygunluk fonksiyonu kullanılır (Engelbrecht, 2007: 128)

Genetik Programlama: Genetik Programlama genellikle araştırmacılar tarafından Genetik Algoritma yönteminin bir uygulaması olarak görülmektedir. Genetik programlama aynı genetik algoritma yönteminde olduğu gibi istenmeyen

özellikteki yeni bireylerin elimine edilmesi üzerine odaklanmıştır. Genetik Programlama ile Genetik Algoritma arasındaki en açık fark Genetik Programlamada model oluşturma safhasında dahi genetik biliminden faydalanma varken Genetik Algoritma yönteminde model matematiksel tabanlı olmak üzere modelin analizi aşamasında Genetik Algoritma prensipleri kullanılır (Engelbrecht, 2007: 177).

2.2.4.2.2.2. Sürü Zekâsı Tabanlı Arama Yöntemleri

Kâinatta sürü halinde yaşayan canlıların yaşayış tarzı incelendiğinde en az enerji ile en fazla işin yapıldığı (minimum enerjiye eğilim) mükemmel bir dengenin var olduğu görülür. Bilim adamları bu hassas dengenin bazı günlük hayat problemlerine uygulandığında optimum çözüm olabileceği düşüncesi ile sürü ya da koloni halinde yaşayan canlıların yaşam modellerini birçok probleme uygulamışlar ve optimum sonuçlar elde etmişlerdir. Genellikle belli bir hiyerarşi içinde yaşayan organize olmuş canlıların yaşam tarzından esinlenilmiştir. En çok kullanılan Sürü Zekâsı Tabanlı Arama Algoritmaları, karınca ve arı sürüsü algoritmalarıdır.

Karınca Kolonisi Optimizasyonu: Karınca Kolonisi Optimizasyonu, ayrık değişkenli optimizasyon problemlerini analiz edebilmek için geliştirilmiştir. Bu optimizasyonun esasını karıncaların yiyecek ararken ve yuvalarına dönerken ki hareketlerinden yola çıkarak, karınca sürüsünün toplu zekâsına dayanan zeki optimizasyon tekniğidir. Karınca Kolonisi Optimizasyonu, Gezgin Satıcı Problemlerinde, Quadratik Atama Problemlerinde, Araç Rotası Belirleme Problemlerinde, İletişim Ağı Planlamaları gibi statik ve dinamik ayrık değişkenli optimizasyon problemlerinin analizinde uygulanmıştır (Onan, 2013).

Parçacık Sürüsü Optimizasyonu: Parçacık Sürüsü Optimizasyonu, parçacık diye isimlendirilen rastgele çözüm kümelerinden meydana gelen canlılardan oluşur. Parçacık Sürüsü Optimizasyonunda, diğer biyolojik yaklaşımların tersine, her bir gruba farklı canlılar ile ilişkilendirilmiş hız vektörü belirlenir. Seçili grup, canlıların arama uzayında eski hareketlerine dayalı dinamik şekilde belirlenmiş hızlarla hareket ederler. Her bir grup canlı, kendi güncel yerini, grup tarafından o ana kadarki optimum durumu ve sürünün en iyi yerini bilmektedir (Rini ve diğ., 2011). Her bir

grup, optimizasyon modelinde o ana kadar oluşturulan en iyi olmaya aday çözüm kümesini temsil etmektedir. Parçacık gruplarının yerleri o grubun daha önce uğradığı en iyi nokta ve komşuluğundaki en iyi grubun konumundan etkilenmektedir. Bir parçacık grubunun arama komşuluğu, tüm seçili canlı sürüsünün konumlarından oluştuğunda global parçacık optimizasyonu diye isimlendirilir (Shi, 2004).

2.3. Genetik Algoritma (GA)

Genetik Algoritma temelde biyolojik tabanlı olup günümüzde insanlığın güncel problemlerinde optimum faydaya en yakın çözümler sunmak için geliştirilen bir yaklaşımdır. Biyolojik Programlamanın bir uygulaması ve bu sahada en fazla tercih edilen yöntem olan Genetik Algoritmalar canlı bilimindeki genetik değişikliklerin incelenmesinden yola çıkılarak geliştirilmiştir. Canlıların kendi yaşam alanları içinde beslenme, yuvalanma, çoğalma ve eş seçimi gibi ihtiyaçları vardır. Bu en iyiyi seçme isteği, güçsüz ve zayıf olan bireylerin aile içinde elimine olmalarına neden olur ve daha güçlü ve ortama uyum sağlamış bireylerin bir sonraki nesile daha çok sayıda yavru ile katkıda bulunduğu görülmüştür (Sivanandam ve Deepa, 2008: 31).

Çoğalma sırasında görülmüştür ki her ebeveynden gelen iyi ve güçlü yönler bir sonraki yavrulara aktarılabilir, böylelikle yaşama daha fazla uyum sağlayan yeni bireyler ortaya çıkabilir. Bu süreçte Genetik Algoritma, yeni nesiller oluşurken canlının yapısı ile ortamın yapısı arasındaki denge farkını en aza indirecek faaliyetler zincirini sergiler (Pelikan ve diğ., 2006: 40).

2.3.1. Genetik Algoritma Terminolojisi

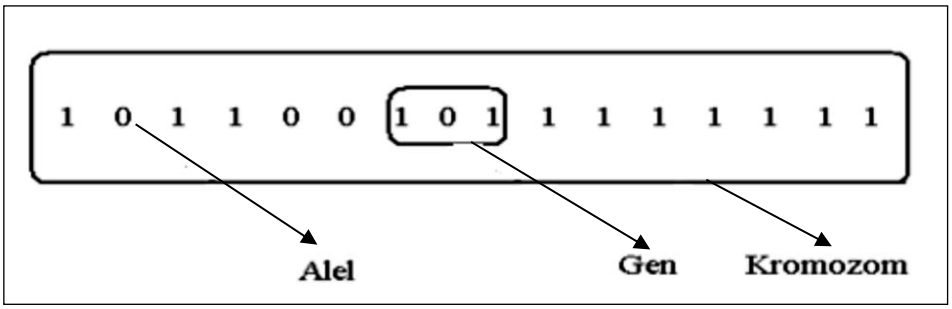
Genetik Algoritma terimleri arasında genetik biliminde var olan terimler sıklıkla kullanıldığından bu terimlerin biyolojideki terminolojisi hakkında açıklama yapmak faydalı olacaktır.

Tüm canlıların en küçük yapı taşı hücrelerdir. Organizmanın özelliklerini taşıyan her hücrenin DNA zinciri vardır. Genler DNA'yı oluşturur. DNA'lar proteinlerle birleşerek kromozomları oluşturur. Genlerdeki kodlar vasıtasıyla genetik

özellikler sonraki nesillere aktarılır. Genetik özelliklerin değişik karakterlerinin her biri alel olarak isimlendirilir (Mitchell, 1999: 5).

Genom canlıların genetik yapısında bulunan kodların tamamını simgeler. Genotip ise bir canlı türünün sahip olduğu genlerin tamamıdır, sembollerle (harflerle) gösterilir. Gen yapısının ve çevrenin birlikte oluşturduğu etki canlının dış görümüne yansır ve bu görünüme calının fenotipi denir (Haupt ve Haupt, 2004: 22). Kromozom, gen ve alel ilişkisi Şekil 2.5'te gösterilmiştir.

Şekil 2.5. Alel, Gen ve Kromozomlar



(Kaynak: Rothlauf, 2006: 11)

2.3.1.1. Kromozom (DNA Dizileri)

Genetik Algoritma, çözülmesi istenen optimizasyon probleminin analizini kromozomları içine alan çözüm kümesi alternatifleri ile başlatır. Her kromozom, üyesi olduğu çözüme ait genetik bilgileri içerir ve bu bilgiler bir dizinin terimleri gibi kodlanır (Paksoy, 2007: 21).

Kromozomlar üzerinde kodlanan genetik bilgiler, popülâsyonun tamamındaki genetik çeşitliliği ifade edecek şekilde kodlanmalıdır. Aksi takdirde başarılı bir Genetik Algoritma tasarlanmış olamaz (Mori ve Tseng, 1997).

Kromozomlar üzerindeki genetik bilgiler, önceden problemin optimum çözümünü sağlayacak şekilde tasarlanarak kodlanmalıdır. Kodlamanın Genetik Algoritma'nın ilk uygulandığı zamanlarda ikili sayma sistemi dikkate alınarak yapıldığı bilinmektedir. İkili sayı sistemine göre tasarlanan kodlar çözüm uzayının bir kromozom büyüklüğü kadar kısmını ifade eder ve bu şekilde kodlanmış

kromozom yapıları bilgisayar yazılımlarında daha kolay ve hızlı analiz edilebilmektedir (Kurt ve Semetay, 2001).

Kromozomların kodlanmasında özellikle ikili sayı sisteminin kullanılmasının nedeni, çıktı olarak ifade edilen nümerik değerlerin tamsayı ve reel sayı olarak ifade edilmesidir. Bu şekildeki analiz sonuçları karşılaştırılabilir olduğundan tercih edilir (Mitchell, 1999: 67).

2.3.1.2. Gen

Gen, kromozomun belirli bir kısmını oluşturan nükleotid dizisidir. Bu yönüyle canlı genetiğinin en fonksiyonel birimidir. Genler, kendilerine özgü şifrelerle kodlanmış kromozomlar üzerinde bulunur ve konumları bir dizinin sıralı elemanlarına benzediğinden gen dizileri olarak da tanımlanırlar (Koza, 1995). Optimizasyon modelinin amaç fonksiyonundaki karar değişkenleri arama uzayındaki kromozomlarla ifade edilebilmelidir.

2.3.1.3. Toplum Büyüklüğü

Toplum büyüklüğünü bir diğer ifade ile popülâsyon genişliğini en uygun şekilde belirlemek tüm Genetik Algoritma araştırmacıları için önemlidir. Toplumu oluşturan kromozom veya genlerin miktarı algoritmanın sonlandırılma zamanını ve modelin oluşum başarısını bire bir etkiler.

Popülâsyon genişliğinin gerekenden küçük olması Genetik Algoritma arama operatörlerinin optimum sonucu bulmak için kısıtlı ve dar bir uzayda arama yapması demektir. Gerekenden küçük seçilen çözüm uzayı ise optimum çözümünün seçilen uzayın içinde olmaması olasılığını arttırır. Popülâsyon genişliğinin gereğinden fazla büyük alınması da Genetik Algoritma'nın istenen sonuçlara uzun zamanda ulaşmasına ve algoritmanın yavaşlatılmasına neden olur (Goldberg, 1992; Kurt ve Semetay, 2001).

2.3.1.4. Uygunluk Değeri

Genetik Algoritma'nın çalıştırıldığı toplumda istenen özelliklere sahip bireylerdeki genetik özelliklerin sonraki nesillere aktarılması için bir değerlendirme kriteri veya kriterleri olması gerekir. Uygunluk fonksiyonu, bireylerdeki özelliklerin sonraki nesillere aktarılıp aktarılmaması gerektiğini başlangıçta belirlenen algoritmanın amaçları doğrultusunda oluşturulan uygunluk kriterleri vasıtasıyla yapar (Sivanandam ve Deepa, 2008: 41).

Genetik Algoritma optimizasyon yönteminin özelliği gereği modelin esasını teşkil eden uygunluk fonksiyonunun analizi için geleneksel metotlarda olduğu gibi türev veya diğer analitik işlemler gerekmediğinden problemin yapısına uygun olarak değişkenler ve kısıtları oluşturulabilir. Bir kısım bilim adamı her bir kromozoma uygunluk değeri atanmasını savunurken diğer bir kısım da toplumun tüm bireylerinin uygunluğunu değerlendirecek bir uygunluk fonksiyonu atamayı tercih ederler. Bireyler uygunluk fonksiyonundaki değerlerine göre çoğalma, çaprazlama veya mutasyon işlemlerine tabi tutulmaktadırlar (Koza, 1995).

Bilindiği üzere genlerin veya her bir bireyin toplumun genel amaçlarına ne kadar uygun olduğu, uygunluk fonksiyonunda aldığı değere göredir. Uygunluk değeri büyük olan birey, istenen en iyi çözümü sağlayacak birey olarak kabul edilir (Mori ve Tseng, 1997). Bu nedenle modellerin optimizasyonlarında geliştirilen Genetik Algoritmaların başarısı uygunluk değerleri yüksek kromozomların sonraki nesillere aktarılabilmesi ile ölçülür.

2.3.1.5. Arama Uzayı

Optimizasyon problemleri genelde optimum çözümü sınırlı bir çözüm kümesi içinde arar. Olası bütün çözüm kümelerinin birleşimine "arama uzayı" denir. Arama uzayındaki bütün değerler muhtemel bir çözümü gösterir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 20). Bunun için her olası çözüm, modelin amaç fonksiyonuna bağlı olarak uygunluk değeri ile belirlenir. Uygunluk fonksiyonu, çözüm kümeleri içindeki tüm elemanların uygunluğu ile ilgilidir. Çözüm uzayından alınan değerler arasındaki

değişimlerin hesaplanabildiği durumlarda arama uzayı kavramı çözüm elemanlarını sınırlar ve çözüme uygunluk değeri atanabilir.

2.3.1.6. Kodlama

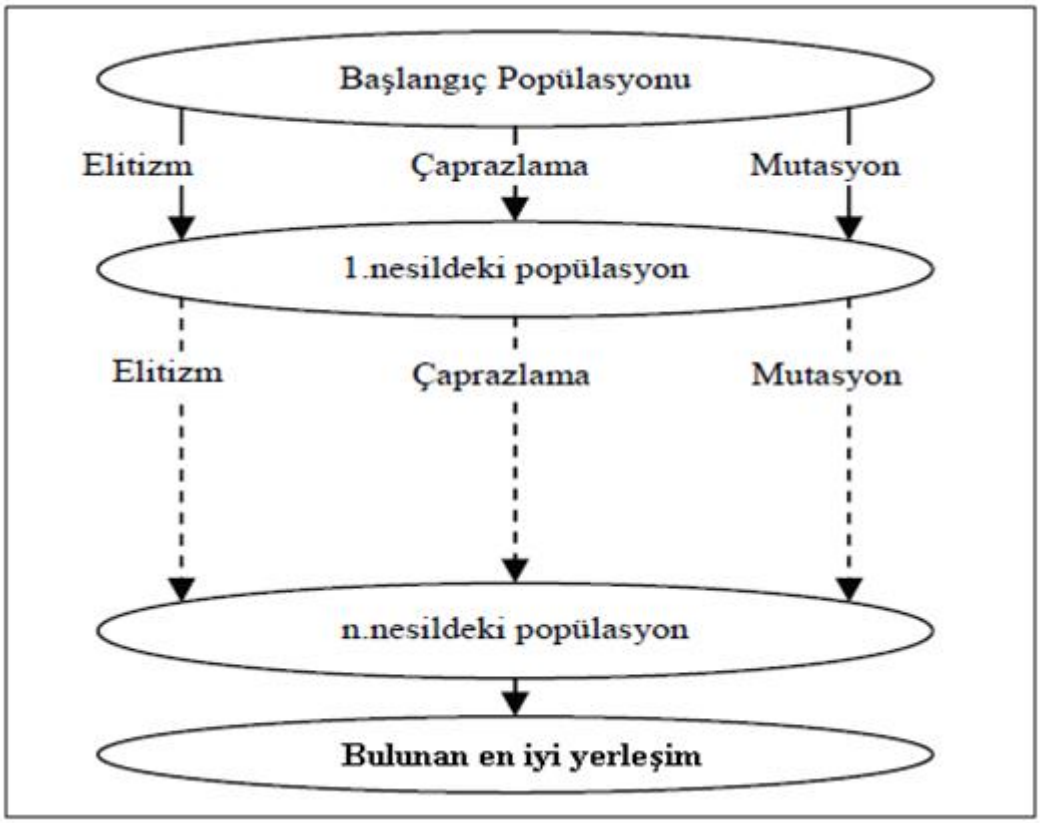
Genetik Algoritma'yı diğer optimizasyon yöntemlerinden farklı kılan en belirgin özellik değişkenlerin asılları yerine onları temsil eden kodlarını veya seri numaralarını kullanmasıdır. Genetik Algoritma'da her gen veya kromozom ayrı kodlanır. Bu kodlama işleminde daha çok sayılar kullanılmaktadır. Kodlama aslında modelin analizi ile ilgilidir. Genetik Algoritma'nın optimizasyon problemindeki başarısı bir bakıma kodlamanın dikkatli ve hatasız yapılması ile ilgilidir (Dengiz ve Altıparmak, 1998; Banzhaf ve diğ., 1998: 95).

2.3.2. Genetik Algoritmaların Çalışma Esasları

Genetik Algoritma süreci, rastgele seçilen bireylerden meydana gelen başlangıç topluluğu (popülâsyon) ile başlar. Bu topluluktaki her birey analiz edilmesi düşünülen optimizasyon problemi için alternatif çözümler ortaya çıkarmaya yardımcı olan küçük nesneler olarak düşünülebilir. Çevreye uyumlu yeni bireyler Genetik Algoritma'nın defalarca tekrarlanması ile ortaya çıkar. Her yeni nesil değerlendirilirken bir önceki nesilden daha seçkin ve uyumlu olmasını dikkate alan kontrol kriterleri kullanılır. Ardından genetik işlemler kullanılarak bir sonraki neslin topluluğu ortaya çıkar. Bu genetik operatörlere bağlı tekrarlamalar ancak sonlandırma koşulları oluştuğunda sona erer (Sakawa, 2002: 11).

Çevreye uyumlu bireylerin seçiminde popülâsyondaki tüm bireyler dikkate alınarak Genetik Algoritma işlemleri yürütülür. Bu en uygun bireyi seçme işlemi, problemin yapısına uygun belirlenmiş uygunluk fonksiyonu ile gerçekleştirilir ve her bir kromozom yeni bireylerin ortama uyumları konusunda Genetik Algoritma sürecine olumlu yönde katkıda bulunur. Optimum çözüm, uygunluk fonksiyonunu maksimum yapan sonuçtur. Seçilen bireylere genetik işlemler uygulanarak yeni kromozomlar (yeni yavru bireyler) elde edilir; böylece yeni topluluk oluşur. Bu süreç, sonlandırma şartları sağlandığında durur. Sonlandırma sürecinin ayrıntıları Şekil 2.6'da verilmiştir (Gülsün ve diğ., 2009).

Şekil 2.6. Genetik Algoritma Süreci



(Kaynak: Gülsün ve diğ., 2009)

Genel bir Genetik Algoritma süreci aşağıda sıralandığı şekliyle verilebilir:

1- Öncelikle modelin amaç fonksiyonuna uygulanan Genetik Algoritma işlemleri sonrası olası çözümlerin şifrelendiği bir grup oluşturulur. Bu olası çözüm grubundaki şifreler genetik benzerlikler nedeni ile kromozom olarak isimlendirilir. Belirlenen ilk toplum büyüklüğü toplumun genetik varyasyonunu olabildiğince büyük oranda yansıtmalıdır. (Sivanandam ve Deepa, 2008: 31). Popülâsyon genişliğini hesaplarken ayrıntılı hesaplamalar yapmak faydalı olacaktır. Çünkü bireyler devamlı bu topluluğun içinden rastgele seçilecektir.

2- Popülâsyondaki her bireyin bir önceki nesile göre ne kadar iyi olduğu, oluşturulan modelde var olan uygunluk fonksiyonu ile belirlenir. Uygunluk fonksiyonu, Genetik Algoritma'nın kontrol merkezi gibidir; bu nedenle, Genetik Algoritma'da modelin amaçlarına yönelik olarak çalışan en önemli fonksiyon olarak kabul edilir. Uygunluk

fonksiyonu, her bir bireyi fonksiyonun değişkenlerine verilen değer kabul eder ve onların genetik şifrelerini çözerek her bir kromozomun uygunluğunu belirler. Aslında Genetik Algoritma'nın istenen sonucu verebilmesi uygunluk fonksiyonunun dikkatli ve ayrıntılı olarak tasarlanmış olmasına bağlıdır (Surekha ve Sumathi, 2011).

3- Popülâsyon içinden rastgele seçilen kromozomlar birbirleriyle eşleştirilir ve yeni bireyler meydana gelir. Bu eşleştirme işlemi uygunluk fonksiyonunun değişkenlerine bağlı kalarak oluşturulur. Eşleştirme yaparken topluluktan rastgele bireylerin seçimi; rulet tekerleği seçimi, turnuva seçimi veya sıralı seçim gibi farklı yöntemlerle yapılabilir. Nesiller arası genetik bilginin geçişi çaprazlama adı verilen operatörle gerçekleşir. Çaprazlama ayrıca topluluğun genetik çeşitliliğini muhafaza eder (Sivanandam ve Deepa, 2008: 32).

4- Yeni nesillere kendi yaşam alanları içinde yer açılması için eski bireylerden özellikle uygunluk şartını sağlamayanlar elenir, böylelikle oluşan toplum uygunluk değerleri yüksek bir popülasyon olur.

5- Popülasyondaki her birey için uygunluk değeri defalarca hesaplanırsa istenen optimum sonuç ortaya çıkabilir (Güden ve diğ., 2005).

6- Genetik Algoritma işlem sürecinin sonucunda algoritma belli kriterlere göre sonlandırılmış ise oluşan toplum en uygun bireylerden meydana gelmiş yani popülâsyon optimum çözüme ulaşmıştır.

2.3.3. Genetik Algoritma Operatörleri

Genetik Algoritma'da yeni yavru bireyleri elde etmenin üç temel operatörü vardır. Bunlar; yeniden üretme, çaprazlama ve mutasyondur (Sakawa, 2002: 13). Genetik Algoritma analizlerinde uygulanan süreçlerin %90-95'i, seçim ve çaprazlama fonksiyonları ile ilgilidir. Mutasyon için çoğunlukla küçük olasılık değeri seçilmektedir (Banzhaf ve diğ., 1998: 95)

2.3.3.1. Seçim

Yeni kromozomların oluşumu için problemin çözüm uzayı içinden rastgele ebeveyn bireylerin seçilmesi olarak ifade edilebilir. Genetik Algoritma süreci içinde yer alan seçim aşamasında hâlihazırdaki popülasyonun ortalama uygunluk değerinden yüksek bireylerin oluşumunu sağlamak için kromozomlar arasından en uygun olanlarını seçmek asıl amaçtır. Seçim aşamasında en sık kullanılan metotlar Rulet Tekerleği Seçimi, Turnuva Seçimi ve Sıralama Tabanlı Seçim Tekniklerdir. Bu sayılan yöntemlerin tümü modelin amaç fonksiyonuna göre en uygun olan bireylerin seçilmesine dayalı işlev görürler. (Ayan, 2008).

Elitist Strateji Seçimi: Uygunluk değeri en fazla olan bireyle uygunluk değeri en az olan birey arasında yer değiştirilmesi yapılarak popülâsyonun daha iyi bireylerden oluşması amaçlanır. Bu şekilde bir taraftan uygunluk değeri yüksek bireylerin bir sonraki nesle aktarılma olasılığı artarken diğer taraftan toplumun tümü kademeli olarak uygunluk değeri yüksek bireylerden meydana gelmektedir (Mendes vd., 2005; Kurt ve Semetay, 2001).

Rulet Tekerleği Seçimi: Bu seçim stratejisinin temel mantığı, kromozomların uygunluk değerleri ile orantılı olacak şekilde bölünmüş kısımlardan meydana gelen bir rulet tekerleği ile arama uzayı içinde optimum çözümün aranmasıdır. En uygun değer, toplumun tüm bireylerinin uygunluklar toplamından oluşan kümedir. Optimum değer elde edilinceye kadar rulet tekerleği döndürülür. Bu yöntem seçim işleminde orta düzeyde kuvvetli seçim tekniğidir. Çünkü uygun bireylerin her defasında seçilme garantisi yoktur (Çakar, 2009: 55).

Rastgele Seçim: Rastgele seçim yönteminde sonraki nesilleri oluşturmak için arama uzayı içinden rastgele elemanlar seçilir. Bu yöntemde, elemanlar belli bir kural dâhilinde seçilmediğinden, kabul edilebilirliği azdır.

Sıralama (Rank) Seçimi: Bireyler arasındaki uygunluk değerleri aşırı çeşitlilik gösterdiği durumlarda rulet tekerleği seçim yöntemini kullanmak en iyi bireylerin bir sonraki nesiller için seçilmesi ihtimalini azaltmak demektir. Eğer en iyi bireylerin uygunluk değerleri %90 civarında ise rulet tekerleğinde % 90 yer

kaplayacak demektir. O halde % 10 civarında olan diğer bireyler arasındaki en iyi bireylerin seçilme olasılıkları azalır.

Sıralama seçiminde ise, seçilme ihtimali var olan her bireyin uygunluklarının sıralamadaki yerlerine bağlı olarak seçim yapılmaktadır. Bu seçim yönteminde popülâsyon içindeki her birey, uygunluğu en fazla olandan en az olana doğru sıralanarak seçime tabi tutulurlar. Uygunluk değerlerine göre sıralanan bireyler, sıralamasının en iyi uygunluk değerine yakın olana öncelik tanınacak şekilde seçilirler ancak daha sonra en uygun bireylerle en zayıf bireyler yer değiştirerek en uygun topluma doğru bir yakınsama olur (Sakawa, 2002: 21).

Turnuva Seçimi: Genetik Algoritma operatörleri ile arama ölçütlerinin optimum olması için seçim ağırlığı belirlenerek toplumdaki birey farklılıklarının kontrol edilebildiği ideal bir seçim tekniğidir. Turnuva seçimi bireylerin seçimi için bir kuralın var olması yönünden sıralama seçimine yakındır fakat sıralama seçim yönteminde ayrıntılı ve daha etkin hesaplamalar yapılarak en uygun bireyler belirlenir (Mitchell, 1999: 127).

Rulet tekerleği seçim yönteminde, rulet üzerinde her yeni bireye optimum çözüme yaptığı pay kadar yer ayrılır, rulet döndürülür ve sabit noktanın gösterdiği birey seçilir. Bu seçim tekniğinin üstünlüğü, en uygun yeni kromozomların popülasyona katılma ihtimallerini yükseltirken dezavantajı ise çözümün lokal bir optimum değere takılıp sonuç olarak kabul etmesidir. Turnuva seçiminde ise her defasında keyfi iki yeni birey kıyaslanarak en uygun olanı seçilmekte ve seçilen kromozomların tekrar kıyaslanabilmeleri için ortam hazırlanmaktadır (Ayan, 2008).

2.3.3.2. Çaprazlama

Çaprazlama, ebeveynde olan ve yeni nesillere aktarılması istenen genlerin seçilmesi ve çapraz bir şekilde eşleştirilmesidir (Kurt ve Semetay, 2001; Bolat vd., 2004). Bu süreç ebeveynler arasında rastgele seçilen bireylerin üzerine kodlanmış genetik bilgilerin çaprazlama olacak şekilde değişmesi ile sağlanmaktadır. Böylelikle ebeveynlerdeki istenen genetik bilgilerin sonraki nesillere aktarılması sağlanmış olacak ve genler üzerindeki genetik bilgiler sürekli güncellenmiş olacaktır.

Çaprazlama, toplum içinden herhangi iki ebeveynin alınıp eşleştirmesi yapılmak suretiyle yeni yavru bireyler üretilmesidir. Bu işlemin asıl amacı toplum içindeki farklı kromozomlarda bulunan genetik bilgileri bir araya getirmektir (Sakawa, 2002: 22). Çaprazlama sonucunda genetik bilgiler birbirleri arasında harmanlandıkça toplum içinde en iyi popülasyonun oluşması adına genetik zenginlik oluşur.

Çoğalma vasıtasıyla optimum özellikte bireyler ortaya çıkar fakat güçlü bireylerle yine güçlü olanların seçilip eşleştirilmesi çaprazlama ile olabilir. Çaprazlama işlemi daha kuvvetli ve optimum özellikleri taşıyan bireylerin üreme vasıtasıyla eşleşme havuzunda uygulanır (Engelbrecht, 2007: 144)

Popülâsyon içinde bulunan uyumlu bireylerden daha fazla uygunluk değeri yüksek olan yavrular çoğaltmak için çaprazlama ve ardından mutasyon işlemleri uygulamak gerekir (Mori ve Tseng, 1997).

Çaprazlama oranının belli bir değerden yüksek tutulması, popülâsyonda genetik değişikliğe maruz kalan bireylerin artacağını başka bir deyişle yeni oluşacak yavru miktarının artması demektir. Bu durumda, mevcut popülâsyonda bulunan güçlü ve istenen özellikteki bireylerin sonraki nesillere aktarılamama riski ortaya çıkabilir (Kahvecioğlu, 2004).

Yüksek seçilmiş çaprazlama oranı, arama uzayında hızlı bir analizin gerçekleşmesini sağlarken bir yandan da optimum sonuçlar elde edilmesini sağlayacak bireylerin atlanmasına neden olabilir. Çaprazlama oranı gereğinden fazla küçültüldüğü takdirde genetik değişikliğe uğrayan birey sayısı azalmış olacak böylelikle Genetik Algoritma yavaşlayacak ve optimum sonuca gereğinden fazla sürede ulaşılmış olacaktır (Nearchou, 1998).

Optimizasyon probleminin yapısına göre uygulanması gereken dört değişik çaprazlama işlemi vardır (Bolat vd., 2004):

- Tek Noktadan Çaprazlama
- İki Noktadan Çaprazlama

- Çok Noktadan Çaprazlama
- Tekdüze (Uniform) Çaprazlama

Tek Noktadan Çaprazlama: Popülâsyon içinden rastgele alınan birey çiftinde çaprazlamanın gelişigüzel yapılmasıdır.

İki Noktadan Çaprazlama: Popülâsyon içinden alınan birey çiftleri iki değişik yerden ayrılarak üç kısma ayrılır. Kesilen kısımların karşılıklı olarak yer değiştirilmesi usulüyle çaprazlama yapılır. Çaprazlama sadece bir noktaya yoğunlaşarak yapıldığı takdirde iki yeni yavru birey çoğaltılır. Çaprazlama gelişigüzel seçilen iki kısma uygulanırsa dört yeni yavru birey çoğaltılır. Bu şekilde çaprazlamanın uygulandığı kısım sayısı arttıkça yeni yavruların sayısı da orantılı olarak artacaktır.

Çok Noktadan Çaprazlama: Modelin arama uzayını oluşturan ebeveyn kromozomlar rastgele seçilen çaprazlama noktalarından bölünür, ebeveyn kromozomların bölünen parçaları arasında değişen kısımlar bir araya getirilip yeni ve farklı kromozomlar elde edilir (Onan, 2013).

Tekdüze Çaprazlama: Yeni oluşan bireyler üzerindeki kodların ebeveyn bireylerden aktarılmış olma ihtimalinin eşitliği prensibine dayanır. Tekdüze (uniform) çaprazlama yaklaşımı ile oluşturulan şifreler yerine 0 ile 1 arasında değişen olasılık değerleri bu şifreleme işlemi için kullanılabilir. Çaprazlama işlemi sonucunda oluşan yeni bireyin gen yapısının uygunluğu % 50'nin altında ise anneden aksi durumda ise babadan aktarılmış demektir (Paksoy, 2007: 31).

Genetik Algoritma süreci üzerine yapılan çalışmalarda tekdüze çaprazlama yönteminin tek ve çift noktadan yapılan çaprazlama yöntemlerine göre daha başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Ayrıca çift noktadan yapılan çaprazlama yönteminin de tek noktadan yapılan çaprazlamaya göre daha optimum ve hızlı sonuçlandığı izlenmiştir (Haupt ve Haupt, 2004: 113).

2.3.3.3. Mutasyon

Genetik Algoritma süreci içindeki mutasyon işlemi canlıların genetik faaliyetlerinde yer alan mutasyon safhasından yola çıkılarak geliştirilmiştir. Yeni bireylerin eski popülasyon yapısından daha farklı hale getirilmesi veya yeni popülasyonun istenilen özellikte oluşması için uygulanan bir işlemdir. Mutasyon işleminde çaprazlama operatörü vasıtasıyla elde edilemeyen genetik farklılıklar oluşturulabilir. Böylelikle yeni meydana gelen bireylerin ebeveynlerinin özelliklerini aynen yansıtmaları yerine uygunluk değerleri yüksek bireylerin oluşması sağlanır ve optimum sonuca daha erken ulaşma imkânı olur (Kurt ve Semetay, 2001).

Mutasyon, yeni yavru bireyler üzerindeki genetik kodların değişmesi işlemidir. Optimizasyon probleminin yapısına göre aşağıda sıralanan mutasyon işlemlerinden herhangi biri uygulanabilir (Paksoy, 2007: 33):

- Ters Çevirme
- Yer Değişikliği
- Ekleme
- Karşılıklı Değişim

Ters çevirme mutasyon işleminde, popülâsyon içinden keyfi olarak bir gen alt dizisi belirlenir ve bu gen dizisindeki yavruların genetik kodları tamamen tersine çevrilir ve yeni şifrelerle tekrar bulundukları yerlere yerleştirilir. Yer değişikliği mutasyon işleminde, yine popülâsyondan keyfi bir gen alt dizisi alınır, uzunluğu ve özellikleri uygun olan değişik bir yere yerleştirilir. Karşılıklı değişim mutasyon işleminde, popülâsyondan gelişigüzel seçilen iki yavru genin yerlerinin değiştirilmesi yapılır. Ekleme mutasyonunda, popülasyondan rastgele seçilen kromozom kısmı tekrar kromozomun rastgele bir yerine eklenebilir (Bolat vd., 2004).

Mutasyon operatöründeki en önemli kriter yeni çoğalan bireylerdeki genetik özelliklerin ne ölçüde değiştiğini ifade eden mutasyon olasılığıdır. Eğer kromozomlar mutasyona tabi tutulmamışsa yeni yavru bireyler çaprazlamadan sonra

hemen oluşacak demektir. Mutasyon olasılığı 1 ise yeni yavru bireylerin genetik özellikleri tamamen değişmiştir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 56). Mutasyon işleminin asıl amacı toplum içindeki genetik farklılıkları korumaktır. Mutasyon olasılığını gereğinden fazla arttırmak optimum aramayı rastgele bir arama şekline dönüştürebilir (Emel ve Taşkın, 2002).

Mutasyon oranının büyük seçilmesi, optimum arama analizinde gereğinden fazla gelişigüzelliğe neden olmakla birlikte popülasyon içinde de aşırı genetik çeşitliliğin ortaya çıkmasına yol açabilir. Aynı mantıkla mutasyon oranının düşüklüğü genetik çeşitliliğin azlığına ve istenen optimum çözüme yakın sonuçların çıkmamasına sebep olabilir (Nearchou, 1998). Bir kısım Genetik Algoritma araştırmacısı mutasyon oranını (P_m) , 1/N $\leq$ P_m ve $P_m \geq 1/l$ eşitsizlikleri ile kabul etmişlerdir. Burada N, popülâsyon sayısı ve l, popülâsyon genişliğidir (Paksoy, 2007: 34).

2.3.3.4. Genetik Algoritmanın Sonlandırılması

Genetik Algoritmanın başarılı bir şekilde sonlandırılabilmesi önemlidir. Çünkü bir Genetik Algoritma sürecinin kaç defa tekrarlandığı yani popülâsyon içinden seçilen çiftlerle kaç jenerasyon oluşacağı Genetik Algoritmanın sonlandırılma zamanı ile doğrudan ilgilidir (Mitchell ve Taylor, 1999). Genetik Algoritmada aslen genetik işlemler bağlamında bir sürece tabi olduğundan mutlak çözümün elde edilip edilmediğinden emin olunamaz. Fakat sürekli bir şekilde optimum çözüme yaklaştığı kabul edildiği için algoritma sonlandığında en iyiye yakın bir çözüm elde edilmiştir. Literatürde genel olarak kullanılan sonlandırma kriterleri, üretilen nesil sayısı ve modelin çözüm için kabul edilen arama uzayının büyüklüğü olmak üzere iki temel şarta dayalı olarak tespit edilmektedir (Paksoy, 2007: 35) .

2.3.3.5. Yakınsama Kriterleri

Yerel optimum çözüm elde edildiğinde kısıtlı komşuluklara bağlı arama yapan algoritmalar sona gelip durmalarına rağmen Genetik Algoritma çalışma esası olarak durmaz ve lokal optimuma çoğunlukla takılmadan sınırsız defa algoritmayı

tekrarlayabilir. Bu gereğinden fazla tekrarlamayı durdurması için bir sonlandırma koşulu veya koşulları belirlenmelidir. Farklı sonlandırma şartları aşağıda verilmiştir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 59):

Maksimum Nesil: Modelin başlangıcında belirlenmiş jenerasyon sayısına ulaşıldığında algoritma durur.

Geçen Zaman: Algoritmanın başında sürecin tamamlanma zamanı belirlenmiş ise o süre dolduğunda algoritma durur. Bu sonlandırma kriteri jenerasyon sayısı şartı ile birlikte kullanıldığında başlangıçta tanımlanan jenerasyon sayısına süreden önce ulaşıldığında yine algoritma durur.

Değişmeyen Uygunluk: Modelin başlangıcında belirlenen sayıdaki jenerasyona ulaşılmasa bile eğer uygunluk değeri belli bir jenerasyondan sonra değişmeyen uygunluk değeri yakalanmışsa algoritma durur.

Uygunluk Değeri En Yüksek Birey: Algoritmanın başlangıcında en yüksek GA değeri belirlenip o değere en yakın jenerasyon yakalandığında algoritmanın durmasıdır.

Uygunluk Değeri En Düşük Birey: Algoritmanın başlangıcında minimum Genetik Algoritma değeri belirlenir ve arama sırasında uygunluk değeri en düşük jenerasyona denk geldiğinde algoritma durur. Böylelikle popülâsyonun belli bir çoğunluğunun belirlenmiş bir Genetik Algoritma değerinin üstünde olması sağlanmış olur. Fakat problemin yapısına göre en uygun jenerasyon ile en uygunluk değeri düşük jenerasyon arasında nicel anlamda çok büyük bir fark olmayabilir. Bu nedenle değişken aralığının aşırı daraltılması, optimum çözümün elde edilmesi güvenirliğini azaltır.

Uygunluk Toplamı: Bu sonlandırma koşulu uygulandığında problemin analiz edildiği arama uzayındaki her bireye ait uygunluk değerleri toplamının başlangıçta belirlenen yakınsama şartına yaklaştığında veya o değerden daha küçük bir değeri elde ettiğinde arama sonlandırılır. Bu şekildeki arama tüm bireylerin belirli bir uygunluk değerleri aralığında olmasını sağlar. Fakat bu uygunluk değerine

yakınsama koşulunu en güçsüz bireyler ile güçlü bireyler arasında değişimle birlikte uygulamak daha başarılı sonuçlar verecektir. Çünkü arama uzayındaki bir kısım zayıf yavru birey, toplam uygunluk değerini sağlamalarına rağmen gerçekte istenmeyen jenerasyondur.

Orta Uygunluk: Bu sonlandırma yönteminde arama uzayındaki toplam popülâsyonun en az %50'sinin başlangıçta belirlenen uygunluk değerine eşit veya üstünde uygunluk değerine sahip olmaları gerekmektedir.

2.3.3.6. Parametre Seçimi

Genetik Algoritma analizlerinin önemli aşamalarından biri de değişkenleri oluşturan parametrelerin saptanmasıdır. Parametrelerin problemin yapısına uygun belirlenmesi Genetik Algoritma başarısı üzerinde olumlu etkisi vardır. Uygunluk kontrol parametreleri şeklinde isimlendirilen bu değişkenler; popülasyon genişliğini, çaprazlama oranını, mutasyon oranını, jenerasyon aralığını, yeni bireylerin seçimini ve amaç fonksiyonunun değişkenlerini kapsamaktadır (Dengiz ve Altıparmak, 1998; Mitchell, 1999: 130, Emel ve Taşkın, 2002).

Problem içindeki değişkenler birbirleri ile genelde doğrusal olmayan şekilde bağımlı olduklarından aynı zamanda optimizasyonu sağlamak oldukça zor ve uzun süren analizler gerektirmektedir. Yapılan çalışmalarda parametrelerin uygun seçilmesi üzerine çok sayıda araştırma yapılmasına rağmen bütün Genetik Algoritma problemlerinde kullanılabilecek ortak parametreler kümesi belirlenmemiştir (Mitchell, 1999: 131).

2.3.3.7. Genetik Algoritmanın Geleneksel Metotlar ile Karşılaştırılması

Genetik Algoritma'nın esasen çalışma mantığı basit kurgulanmıştır. Bu kurguya göre canlılarda süregelen genetik şifrelerin nesilden nesile geçişi bilgisayar programları vasıtasıyla taklit edilebilir. Çözülmesi düşünülen problemin parametreleri eğer kromozomlar üzerindeki genetik şifreler (DNA) gibi kodlanabilirse problem bir Genetik Algoritma modeli haline dönüşür ve analiz edilebilir hâle gelir.

Genetik Algoritma, geleneksel optimizasyon yöntemlerinden aşağıda belirtilen yönleri ile farklıdır (Sivanandam ve Deepa, 2008: 34):

- Genetik Algoritma analizlerinde değişkenlerin sınırlarını dikkate alarak arama yapmaktan farklı olarak öncelikli kodlanmış değerleri dikkate alarak arama yapar.
- Genellikle geleneksel optimizasyon yöntemleri, tek bir noktadan modelin optimizasyonuna başlamalarına rağmen Genetik Algoritma analizi, olası çözüm kümelerini başlangıç popülâsyonu olarak kullanır. Bu arama yöntemi Genetik Algoritma'nın bölgesel (global) optimum değeri bulma ihtimalini arttırır.
- Genetik Algoritma analizlerinde türev hesaplamalarına dayalı işlemlerden farklı olarak uygunluk fonksiyonu ve uygunluk değeri yöntemi ön plandadır. Uygunluk fonksiyonları hem sürekli hem de ayrık optimizasyon problemleri için tasarlanabilir.
- Geleneksel yöntemler optimizasyon problemlerine türev ve diferansiyel hesaplamalarına dayalı deterministik metotlar uygularken Genetik Algoritma analizlerinde optimizasyon problemlerine probabilistik (olasılık hesaplamaları) yöntemler uygulanır.

Genetik Algoritma'nın geleneksel yöntemlere göre başarılı olduğu durumlar, farklı ve üstün yönleri aşağıda belirtildiği gibidir (Haupt ve Haupt, 2004: 23):

- Hem sürekli hem de kesikli değişkenlerden oluşan optimizasyon problemleri için geçerlidir.
- Geleneksel yaklaşımlarda var olan türev hesaplamalarına bağımlılık Genetik Algoritma analizlerinde yoktur.
- Arama uzayında bir anda çok fazla elemanın uygunluğunu analiz edebilir.
- Çok fazla sayıda değişkeni olan amaç fonksiyonlarını optimize edebilir.
- Bilgisayar yazılımları ile analizi oldukça kolay ve kısa sürede sonuçlanabilir.

- Çok değişkenli ve oldukça karmaşık problemlerde yerel optimum değerlere takılmadan bölgesel optimum değeri bulur.
- Sonuçta tek bir çözüm değil çözümler dizisi verebilir.
- Genetik Algoritma amaç fonksiyonundaki değişkenleri kodlayarak optimizasyon yolunu seçer.
- Problemi çözmek için eldeki veri grubu sayısal veya analitik olabilir her iki durumda da algoritmayı çalıştırmak mümkündür.

2.4. P- Medyan Tesis Yerleştirme Modeli

Tesislerin optimum yerleştirilmesinde sıklıkla kullanılan medyan tabanlı modelerde, medyan özelliği gereği tesis yerleştirme modeli oluşturulurken; m tane tesis içinden $m \geq p$ olacak şekilde p adet tesisin belli kriterlere göre seçilip yerleştirilmesi süreci işlemektedir.

P-medyan tesis yerleştirme modeli, tesislerin optimum yer seçimi için yaygın olarak kullanılan bir yerleşim modelidir (Alp ve diğ., 2003). P- medyan tesis yerleştirme problemleri yapısı gereği minisum (minimum toplam) tesislerin optimum konuşlandırılması problemleri sınıfına dâhildir. P-medyan problemlerine ilk başta Kuehn ve Hamburger (1963), daha sonra Hâkimi (1964) ve Manne (1964) gibi araştırmacılar modele çözümü kolaylaştırıcı değişkenler ekleyerek modelin çok geniş uygulama alanına sahip olduğunu göstermişlerdir.

Kesin çözüm metodu kullanarak P-medyan problemini ilk defa Hâkimi (1964) çözmüştür. Bu çalışması sınırlı haberleşme ağı içerisinde iletişim merkezlerinin nerelere konuşlandırılacağı ile ilgilidir. Modelde iletişim merkezlerinin optimum yerleşimi belirlenirken iletişim merkezi ile haberleşmeleri mümkün olan talep yerleri arasındaki kablo mesafeleri de en aza indirilmeye çalışılmıştır.

P-medyan tesis yerleştirme modelinin en basit hali P =1 alındığı durumdur. P=1 Medyan Problemi, ağ üzerinde tüm talep noktalarına hizmet sunabilecek bir

medyan tesisin optimum yerinin belirlenmesini amaçlayan problemdir. Yalnızca bir tesis yeri belirlenen bu modelde hedef, toplam harcamaların en aza indirgenmesidir. Literatürde P ile gösterilen talep noktalarına hizmet sunacak tesis sayısını ifade eden modellere P- Medyan Tesis Yerleştirme Modeli denir.

2.4.1. P-Medyan Tesis Yerleştirme Modelinin Tanımı

P-Medyan Problemi, esasen n tane düğüm noktasına hizmet sunabilecek p tane tesisin bütün organizasyonun ağırlıklı maliyetini en aza indirecek şekilde ağ üzerinde optimum konuşlandırılması ile ilgilidir. P- medyan modellerinde kastedilen maliyet; düğüm noktaları ile hizmet alacak yerler arasındaki uzunluk, zaman veya ulaşım masrafları gibi değişkenlerdir. Bu değişkenler amaç fonksiyonunu bazı yerleşim modellerinde aynı oranda etkilemeyebilir. Çünkü yerleşim birimlerinin bir kısmı diğerlerine göre belli kriterler açısından farklıdır. Bu çeşit yerleşim problemleri ağırlıklı modeller diye adlandırılır (Current vd., 2001: 90, Dessouky, 2005 ve Sule, 2001: 22).

P-Medyan Tesis Yerleştirme Modellerinde p adet tesis yalnızca ağ üzerindeki düğüm noktalarına yerleştirilebilir. P-Medyan Problemleri bu özelliği ile ayrık tesis yeri seçim problemleri sınıfına girer.

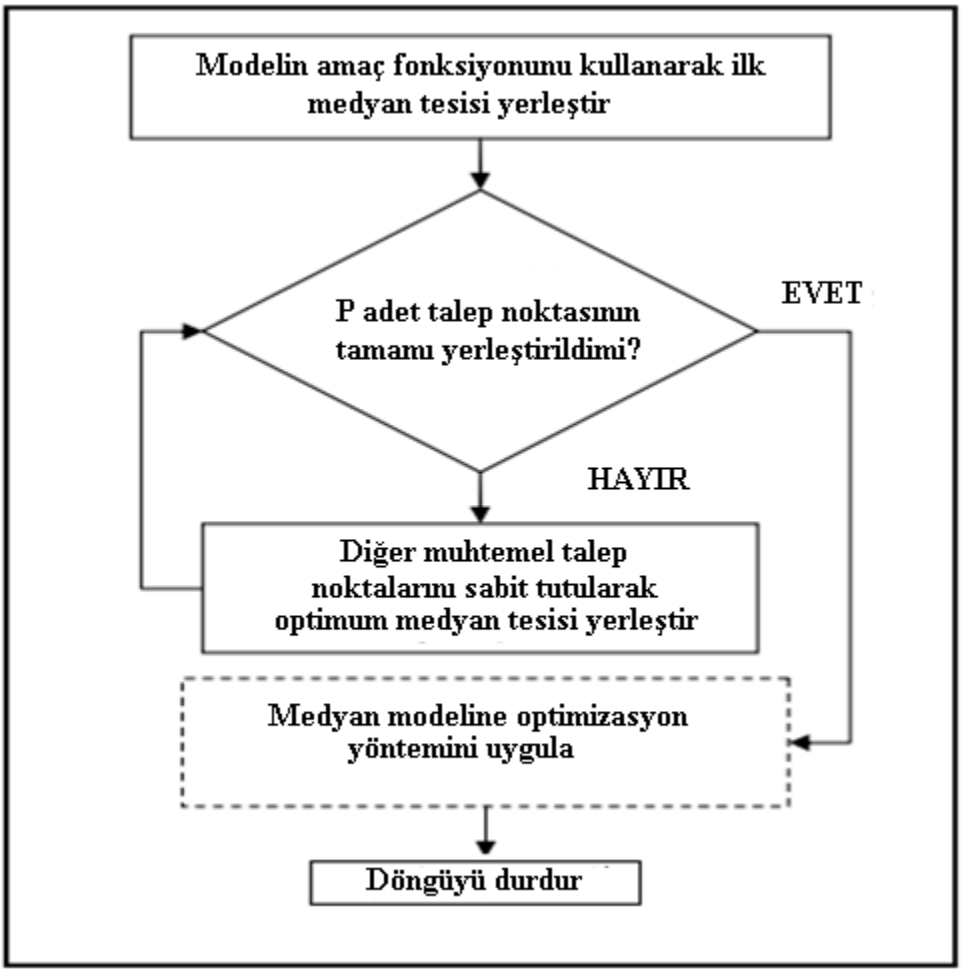
P-Medyan Tesis Yerleştirme Problem türlerinin kombinatoryal NP-Zor optimizasyon problemleri sınıfına dâhil olduğu Cornuejols ve diğ. (1977), Kariv ve Hâkimi (1979) tarafından ispatlanmıştır.

Çözüm uzayları ayrık yapıda olan problemlerde optimum çözüm için arama yapan veya bulabilen metotlara kombinatoryal optimizasyon metotları, bu çeşit problemlere de Kombinatoryal Optimizasyon Problemleri denir. Kombinatoryal Optimizasyon Problemleri P sınıfı ve NP-Zor sınıfı şeklinde iki kısma ayrılırlar. Çözüm süresi logaritmik artıyorsa P sınıfı, çözüm süresi üstel artıyorsa NP-Zor sınıfı problemlerdir. P sınıfı problemlere En Kısa Yol ve Minimum Ağaç Problemleri; NP-Zor sınıfı problemlere Gezgin Satıcı Problemi, Karesel Atama Problemi ve Araç Rotalama Problemleri örnek olarak verilebilir. Çözüm süresinin üstel olarak artması ve değişken sayısının fazlalığı nedeni ile optimum çözümün bulunması konusunda

geleneksel metotlar yetersiz kaldığında geleneksel olmayan metotlardan yararlanılmaktadır (Ünsal, 2013).

Daskin 1995'te P- Medyan Tesis Yerleştirme Modellerinin işleyiş sürecini açıkca ifade etmiştir. Bu işleyiş süreci optimum yerleştirilmek istenen bir tesisin hangi karar aşamalarından geçilerek yerinin tespit edildiğinin anlaşılması bakımından önemlidir. Şekil 2.7'de çalışma için oluşturulan P- Medyan Tesis Yerleştirme Modelinin İşleyiş Döngüsü ifade edilmiştir.

Şekil 2.7. P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli Döngüsü



(Kaynak: Daskin 1995: 241 - kısmen alınmıştır)

2.4.2. P-Medyan Tesis Yerleştirme Modelinin Matematiksel İfadesi

P-Medyan Problemleri yalnızca tesisleri optimum yerleştirme modelleri değil aynı zamanda yerleştirilen tesislerden hizmet alacak talep noktalarının da tesislere en yakın şekilde atanmalarını sağlayan modellerdir. Bu iki temel amaç, talep ağırlıklı toplam uzunluğu en aza indirgeyen p tane tesisin ağ üzerinde optimum yerleştirilmesidir. P-Medyan Tesis Yerleştirme Modellerinin varsayımları aşağıda belirtildiği gibidir (Jamshidi, 2009):

- Modele dâhil edilen maliyet ve mesafe gibi değişkenler kendi aralarında doğrusaldır.
- Konuşlandırılacak tesis sayısı başlangıçta bellidir.
- Süre kısıtı yoktur.
- Tesislerin kapasite kısıtı modelin yapısına göre ilave edilebilir.
- Tesislerin açılış maliyetleri formüle ilave edilebilir.
- Tesislerin tümü aynı özelliktedir.
- Problem yapısı itibarı ile ayrıktır (Tesisler yalnızca ağ üzerindeki düğümlerde konuşlandırılabilir).
- Tesislerin konuşlanacağı düğümler başlangıçta bellidir.
- Hizmet sunacak tesislerde talep sınırlaması yoktur (Kapasite sınırı yoktur).

P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemlerinin temel özelliklerinden olan optimum tesis yerinin düğümler üzerinde olacağı düşüncesi, çözümün belki de en uygun olmadığını düşündürebilir ancak Hâkimi (1964) tarafından P-Medyan Tesis Yerleştirme Modelinde ağ üzerindeki düğümlere konuşlandırılan p tane tesisin içinden en az bir tanesinin optimum hizmet sunacak işletme olduğu ispatlanmıştır. Buradan anlaşılmaktadır ki optimize edilecek modelin ayrık yapıda olması, optimum sonuca ulaşma hedefinde engel olmayabilir. P- Medyan Tesis Yerleştirme Modelinin

bu özelliği dikkate alınarak n tane düğüm ve konuşlandırılacak p tane tesisten oluşan bir modelin olası çözüm sayısı eşitlik (2.5)'de ifade edilmiştir.

$$\binom{n}{p} = \frac{n!}{(n-p)!p!} \qquad (2.5)$$

P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemlerinin cebirsel ifadesi ilk defa ReVelle ve Swain tarafından gösterilmiştir (ReVelle ve Swain, 1970). Amaç formülündeki değişkenlerin sayısında ve kısıtlarında zamanla bir takım farklılıklar yapılmakla birlikte temel yapısı itibari ile değişmemiştir. ReVelle ve Swain tarafından oluşturulan modelin yapısını esas alan, Rolland ve arkadaşlarının 1996'da geliştirmiş olduğu P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli Formülasyonu aşağıda belirtildiği gibidir (Bastı, 2012).

Amaç Fonksiyonu,

$$Min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_i \, d_{ij} \, x_{ij} \qquad (2.6)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad , \quad \forall i \in I \qquad (2.7)$$

$$x_{ij} - y_j \leq 0 \qquad \forall i \in \text{ve } \forall j \in J \qquad (2.8)$$

$$\sum_{j \in J} y_j = \text{p} \qquad (2.9)$$

$$X_j \in \{0,1\} \qquad \forall j \in J \qquad (2.10)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I \quad \forall j \in J \qquad (2.11)$$

Karar Değişkenleri:

$$\text{x}_{\text{ij}} = \begin{cases} 1, & \text{i nin talebi j tarafından karsılanıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$\text{y}_{\text{j}} = \begin{cases} 1, & \text{tesis j aday yerine yerlestirilirse,} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

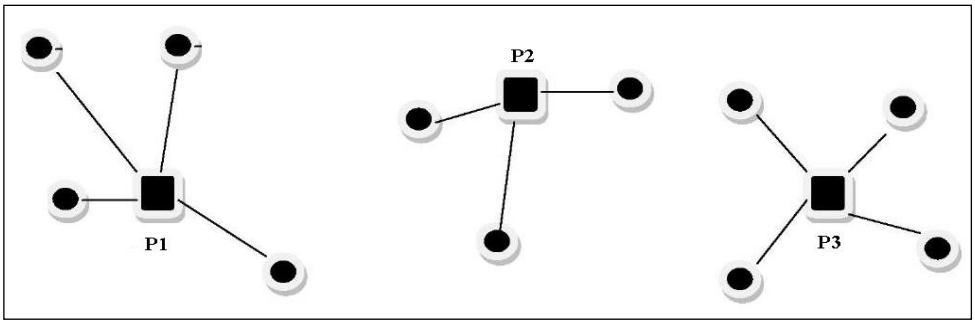
Burada;

w_i=talep noktalarının ağırlığı; d_{ij} = i talep noktası ile j aday nokta arasındaki mesafe; p= kurulması planlanan tesis sayısı; i =talep düğümleri kümesi; j = aday yerlerin kümesidir. (2.6) eşitliği modelin amaç fonksiyonu ile hizmet sunacak tesisler ve talep noktaları arasında oluşan toplam uzaklığa bağlı ağırlığı en aza indirilmesini ifade eder. (2.7) eşitliği ile bir düğüm noktasının tüm taleplerinin sadece bir tesisten karşılanması kısıtı verilmiştir, yani her düğüm noktası yalnız bir tesise atanmaktadır. (2.8) eşitliği ile hizmet vermeyecek bir tesise atama yapılmaması şartı ifade edilmektedir. Bu şart modelin optimum çözüme ulaşması ve çözümün güvenirliği açısından modele dâhil edilmiştir. (2.9) eşitliği ise talep noktalarına hizmet sunacak olan tesis sayısını p ile sınırlar. (2.10) ve (2.11) eşitlikleri karar değişkenlerdir.

Kombinatoryal Problemler kendi içinde çözümlerin zorluğuna göre kolay ve zor olmak üzere iki tür problemleri barındırırlar. Çözümü kolay olanlar P sınıfı, zor olanlar ise NP-Zor sınıfı olarak isimlendirilir. Bir optimizasyon problemi P sınıfı içinde ise arama uzayında optimum çözüme sahiptir. NP-Zor sınıfına dâhil olanlar ise problemin arama uzayı içinde makul bir süre dâhilinde optimum çözüme ulaşamayanlardır (Ballı, 2014: 7). Nicel Karar Analizi Problemlerinin bir çeşidi olarak kabul edilen P sınıfı problemleri ancak belli analiz yöntemleri kullanılarak belirli bir zaman aralığı içinde çözülebilirler.

Şekil 2.8'de örnek bir P-Medyan Modelinin n=11, p=3 için çözüm düğümleri gösterilmektedir. Şekil incelendiğinde P_1, P_2, ve P_3 koordinatları açılan tesisleri, diğer koordinatlar da bu tesislerin hizmet vereceği talep noktalarını göstermektedir.

Şekil 2.8. Örnek bir P-Medyan Modeli Çözümü (n=11, p=3)



(Kaynak: Ballı, 2014: 34)

NP-Zor Problemlerinin zorluğu, model hangi optimizasyon yöntemi ile çözümlenirse çözümlensin, değişkenler lineer olmadıkları için çözüm süresinin artmasıdır. Bu nedenle bu sınıfta olan problemlerin mutlak çözümünü algoritmalar vasıtasıyla bulmak zordur. Bu nedenle Kuadratik Atama Problemleri NP-Zor sınıfına girer (Bastı, 2012).

NP-Zor sınıfında olan P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemlerinin çözüm yöntemleri üç temel tür üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu çözüm yöntemleri, kesin çözüm yöntemleri, geleneksel olmayan yöntemler ve zeki optimizasyon yöntemleri şeklinde ifade edilebilir (Jamshidi, 2009).

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemlerinin çözümünde genel olarak iki yol izlenmiştir. 2000'li yıllara gelene dek deterministik yöntemler, 2000'lerden sonra ise geleneksel olmayan yöntemler ön plana çıkmıştır.

P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemlerinin çözümündeki deterministik yaklaşımlar; Direkt Hesaplama, Matematiksel Modelleme, Lagrange Çarpanları, Sütün Ekleme, Doğrusal Programlama, Dal Sınır Algoritması ve Farklılaştırma Algoritması başlıkları altında toplamak mümkündür. P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemlerinin çözümündeki zeki optimizasyon yöntemler ise; Tabu Arama, Genetik Algoritma, Tavlama Benzetim, Karınca Kolonisi, Yapay Sinir Ağları ve Hibrit Metotlar şeklinde gruplandırmak uygun olur (Bastı, 2012).

P- Medyan Tesis Yerleştirme Problemlerine farklı yaklaşımlarla çözüm geliştiren çalışmaların bir kısmı gelen başlıklarda verilmiştir.

2.4.3. P-medyan Tesis Yerleştirme Modeli Literatür Çalışmaları

Kuehn ve Hamburger (1963), Hâkimi (1964) ve Manne (1964) gibi bilim adamları P- Medyan Modelinin formül ve değişkenlerini belirledikten sonra bir kısım araştırmacılar problemin değişkenlerinin veya kısıtlarının değişik boyutlarını kullanarak güncel birçok tesis yerleştirme problemine uygulamışlardır.

P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemini 1973 yılında Jarvinen vd. Dal Sınır Algoritması Yöntemini kullanarak geleneksel olmayan yöntem ile yapılmış analiz sonuçlarının karşılaştırılmasına yönelik bir çalışmayı ortaya koymuşlardır. Araştırmalarında 20 x 20 boyutunda uzaklık matrisini kullanmışlar ve 5, 10 ve 15-medyan için çıktıları karşılaştırmışlardır. Geleneksel Olmayan Metot ve Dal Sınır Algoritmasının birlikte kullanıldığı çalışmada elde edilen çözüm kümesinin önceden bulunan çözümlerden daha hızlı olduğu saptanmıştır.

Beğen 2002'de Ankara ili ilçelerinde, merkezi katı atık tesislerine götürülmek üzere ev ve işletmelerden alınan çöp ve benzeri katı atık maddelerini öncelikle transfer istasyonlarında toplanmasını ve oradan da her ilçe merkezinde yer alan katı atık tesisine yönlendirilmesini amaçlayan optimum sayıda ve yerde transfer istasyonlarının yer seçimi konusunda bir matematiksel model oluşturmuştur. Bu modeli P- Medyan Tesis Yerleştirme ve Karışık Tam Sayılı Programlama Problemleri olarak kabul ederek bu modellerle problemin ayrı ayrı analizini gerçekleştirmiş ve sonuçları karşılaştırmıştır.

Ceselli 2003'te kapasite sınırlı bir tesis yerleştirme problemini P- Medyan Modeli ile çözümlerken iki deterministik çözüm algoritmasını birlikte kullanmıştır. Ceselli ilk olarak modelde çift sınırları olan değişkenlerin kısıtlarının belirlenmesinde Lagrange Çarpanları yöntemini, ikinci model olarak da Kapasite Sınırlı P-Medyan Modeline ek sütün ekleme mantığına dayalı Dal ve Bedel Algoritması diye isimlendirdiği modeli kullanmıştır. Bu iki yaklaşımı da modelde test ederek performanslarını karşılaştırmıştır.

Beltran vd. 2007 yılında kombinatorik problemlerin optimize edilmesi ile minimize edilebilen problem türlerinde alt ve üst sınırların modele uygun hâle getirilmesinde genellikle uygulanan Lagrange Çarpanları yöntemini, optimum tam sayılı elemanlar içeren çözüm kümesi oluşturacak şekilde değiştirerek yeni bir çözüm algoritması geliştirmişlerdir.

Fleszar ve Hindi, 2008'de Kapasite Sınırlı Bir P-Medyan Probleminde variable neighborhood search (değişen komşuluk araması) yönteminin etkisini 200

muhtemel tesis arasından 20 tanesinin optimum yerleştirilmesi probleminde araştırmışlardır. Hizmet sağlayan tesis sayısı ve toplam talep miktarında belli oranlarda değişikliğe gidilerek modelin geçerliğini ve güvenirliğini test etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda değişen komşuluk araması yaklaşımının Kapasite Sınırlı P-Medyan Problemlerinde, geleneksel p-medyan problemlerine göre optimum sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Lim vd., (2008), P- Medyan Tesis Yeri Seçim Problemlerinde geleneksel olmayan çözüm yöntemi kullanmışlar ve kendi güncel problemlerinin çözümünde Lloyd Algoritması ve Düğüm Değişimi diye adlandırdıkları bir yöntem kullanarak bulundukları bölgedeki yiyecek hizmetleri sunan bir işletmenin şubeleri için optimum konuşlandırmayı bu metotla yapmışlardır.

Berman ve Drezner 2008'de belli bir ağ yapısı üzerinde conditional (şarta bağlı) P-Medyan Tesis Yerleştirme ve P-Merkez Modeli, belli sayıdaki hizmet sunucunun yerlerinin tespit edilmesinde ayrı ayrı kullanılmıştır. Analizler sonucunda ağ üzerindeki tesisleri, Conditional P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli adını verdikleri yöntem ile hizmet tesislerinin optimum konuşlandırılmasını gerçekleştirmişlerdir.

Arroyo vd., (2010), P-Medyan Tesis Yeri Seçim Problemlerinde zeki optimizasyon çözüm yöntemlerinin kullanılabileceğini göstermişler ve zeki optimizasyon yöntemleri içinde sayılabilecek Açgözlü Rastgele Adaptif Arama Prosedürü adı altında bir model geliştirmişlerdir. Bu model sayesinde tesislerin optimum konuşlandırılmasının, başlangıçta belirlenen şebeke üzerindeki düğümlerde olabildiğini ifade etmişlerdir.

Cadenas ve diğ. 2011'de Fuzzy (Bulanık) P-Medyan Problemini geleneksel olmayan optimizasyon yöntemlerinden Genetik Algoritma yöntemini uygulayarak çözümlemişlerdir. Özel bir işletmenin tüm talep noktaları arasından bir kısmının belli kriterler açısından hariç tutulması ve bu durumda belli sayıdaki hizmet sağlayacak tesisin optimum yerlerini Fuzzy P-Median Modeli ve Genetik Algoritma yöntemi ile belirlemişlerdir.

An ve diğ. 2014'te ayrık yapıdaki bir P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli için iki aşamalı optimizasyon modeli önermişlerdir. Kuzey Amerika'daki 25 eyaletin başkentlerini talep noktaları kabul eden ve p= 4'den p=10'a kadar olan P- Medyan Tabanlı Tesis Yerleştirme Modelinin bir kısım talep noktaları, koordinatlar ve taşıdıkları kriterler açısından farklılık gösterdiği için Column and Constraint Generation Method (sütun ve jenerasyon kısıtlı metod) adını verdikleri yaklaşımla optimum çözümü elde etmişlerdir.

Şağbanşua 2014'deki çalışmasında Türkiye ölçekli bir lojistik firmasının yeni açılacak şubelerinin optimum konuşlandırılması konusunda P- Medyan Tesis Yerleştirme Modeli tabanlı matematiksel bir model geliştirmiştir. Optimum sayıda yerleştirilecek lojistik şubelerle mevcut tüm şubelerin taleplerini karşılayabilen ve şehirlerarası toplam taşıma maliyeti ile toplam tesis açma maliyetinin minimum olduğu bu model ile 10 optimum lojistik şubenin yerlerini tespit etmiştir.

Dantrakul ve diğ. 2014'te Chiang Mai ve Kuzey Tayland'ın beş şehrinde 3211 talep noktasını içeren taşımacılık problemini üç farklı yöntemle çözmüşler ve sonuçları karşılaştırmışlardır. Bu yöntemlerden ikincisi P- Medyan Tesis Yerleştirme Modelidir. Problem p= 1, 3, 28 değerleri için nakliye giderlerini minimize eden medyan modeli ile analiz edilmiştir. Üç farklı yöntemle yapılan optimizasyon süreci sonucunda Modified P-Median (Değiştirilmiş P-Medyan) Modeli ile yapılan analizin diğerlerine göre daha optimum sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Drezner ve diğ. 2015'te Planar (Düzlemsel) P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli için Variable Neighborhood Search (Değişen Komşuluk Araması) ve Genetik Algoritma Optimizasyon Modellerini ayrı ayrı kullanarak sonuçları kıyaslamışlardır. Optimum yerleştirmenin bu iki yaklaşımın birleşiminden oluşan hibrit bir yaklaşımla çözümlenebileceğini göstermişlerdir.

Albareda ve diğ. 2015'te ayrık tesis yerleştirme problemlerinde hizmet sunucu tesislerin herhangi bir durumdan dolayı hizmet veremeyecek hâle gelmesi ve talep edicilerin bu durumdan haberlerinin olmaması hususunu dikkate alan p adet hizmet verici tesisi tahmin edilen toplam mesafeyi ve maliyeti minimize edecek zeki

optimizasyon tabanlı Reliable (Güvenilir) P- Medyan Modelini uygulamışlar ve toplumsal fayda sağlayacak şekilde optimum yerleştirmeyi gerçekleştirmişlerdir.

Durak ve Yıldız 2015'te bir gıda firmasının Düzce ili ve ilçelerindeki optimum depo sayısı ve yerlerinin belirlenmesi çalışmasında P- Medyan Tesis Yerleştirme Problemini kullanmışlardır. Bu problemi analiz ederken iki temel model üzerinde durmuşlardır. Birinci modelde firmanın mevcut tesis yeri dikkate alınarak depolar yerleştirilmiş, ikinci modelde ise firmanın mevcut tesis yeri dikkate alınmadan depoların optimum sayısı ve yerleri belirlenmiştir. Bu iki modelin sonuçları karşılaştırıldığında firmanın hâlihazırdaki depo yerlerinin ve sayısının optimum olmadığını gözlemlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda optimum depo yerlerini tespit etmişler ve depo sayısının iki katına çıkarılması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

Carling ve diğ. 2015'te Dalecarlia bölgesinde konuşlandırılacak özel sektöre ait belli sayıdaki deponun optimum yerleştirilmesi için hizmet verdiği perakende satıcıların ve bayilerin farklı özelliklerini ağırlık olarak kabul eden Gravity (Ağırlık) P-Medyan Modeli şeklinde adlandırdıkları modeli analiz etmişlerdir. Klasik p-medyan modeline göre üstünlüklerini ortaya koymuşlar ve sonuçları işletme yöneticileri ile paylaşmışlardır.

2.4.4. Acil Yardım Tesislerinin P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli ile Konuşlandırılması Çalışmaları

Acil yardım hizmetleri, doğal afetlerin veya kazaların hemen sonrasında alanında uzman kişiler tarafından ilk yardım araç ve gereçleri ile olay yerinde, yaralıların nakli sırasında ve sağlık kuruluşlarındaki tüm ilk yardım hizmetlerini ifade eder. Acil yardım hizmetlerinin en verimli şekilde yürütülmesi için yerlerinin optimum belirlenmesi gereklidir. Bu belirlemede esas olan en fazla yaralıya en kısa zamanda müdâhale etmektir.

Acil yardım tesislerinin optimum yerlerini belirlemek için talep noktaları ve tesisler arasındaki toplam mesafe analiz edilmelidir. Bu tür tesisleri konuşlandırırken ortalama kapsama mesafesinin azalması hizmet verecek tesislerin talep noktaları

tarafından erişilebilirliğini ve etkinliği artırır. Bu ortalama kapsama mesafesinin küçük olması isteği özel ve kamu kuruluşlarının optimum yerleştirilmelerinde kullanılabilir.

Carbone (1974), temel P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeline bağımlı kalarak farklı bir model geliştirilmiştir ve Acil Yardım Tesislerinin Kuruluş Yeri Problemlerine uygulamayı denemiştir. Yerleştirdiği tesisler tıbbi destek amaçlı ya da gündüz bakım merkezleri gibi sabit kamu tesisleri olmakla birlikte hizmet alacakların sayısına göre mesafe en aza indirilerek bir Deterministik P-Medyan Modeli tanımlamıştır. Carbone (1974), çalışmasını bir kademe daha ilerleterek talep noktalarının nüfusunu bir kısıt gibi düşünerek Kısıtlı P-Medyan Tesis Yerleştirme Modelini kullanmıştır.

Berlin ve arkadaşları (1976), hastane ve ambulansların optimum yerleşimini birlikte uygulayabilmek için iki P-Medyan Modelinin aynı kısıtlar altında analizinin mümkün olup olmadığını araştırmışlardır. Birleştirmek istedikleri iki problemden ilki ambulansların talep noktalarına minimum yakınlıkta olmaları ve taleplere en kısa zamanda cevap vermeleridir. İkincisi ise ambulansların hastanelere en kısa zamanda ulaşmaları problemleridir.

Mirchandani (1982), olasılıklı ulaşım yapısını ve değişik talep tarzını dikkate alarak yangınlara müdahale işlemini optimum şekilde temin edecek bir P-Medyan Modeli kullanmıştır. Araştırmacı, tesislerin hizmet sunma süreci zamanını, talebe ulaşım süresini ve hizmet vericinin uygun olup - olmama kısıtlarını Markow Süreçleri mantığı tabanlı olarak geliştirdiği P-Medyan Tesis Yerleştirme Modelinin formülasyonuna eklemiştir.

Carson ve Batta 1990'da New York kentinde bir devlet üniversitesi sınırları içinde optimum fayda sağlayacak şekilde konuşlandırılacak ambülansın yerleştirilmesinde; alternatif yerler için belirlenen değişik ulaşım zamanlarını dikkate alan P- Medyan Tesis Yerleştirme Modelini kullanmışlardır. P=1 tarzında oluşturulan P-Medyan Modeli ile uygulama bölgesi seçilen üniversite sınırları içinde optimum fayda sağlayacak şekilde bir ambülansın yeri tespit edilmiştir.

Serra ve Marianov (1996), Barcelona'da acil yardım hizmetleri için itfaiye istasyon yerlerini P-Medyan Tesis Yerleştirme Modelini kullanarak belirlediler. Araştırmacılar ulaşım zamanı, mesafe ve talepteki belirsizleri ortadan kaldırmak için P- Medyan Modelinde bir takım değişikliklere gitmişler ve geliştirdikleri modelin uygulamasında farklı senaryolar geliştirmişlerdir.

Paluzzi (2004), P-Medyan Temelli Geleneksel Olmayan Tesis Yeri Yerleşim Modelini Carbondale şehrinde acil servis ve araçlarını optimum yerleştirmek için test ettiğinde önceleri çok tartışıldı. Bu modelin amacı, itfaiye istasyonu ile talep noktaları arasındaki toplam mesafeyi en aza indirerek yeni bir yangın istasyonu yerleştirilmesi modeli oluşturmaktı. Paluzzi (2004), analiz sonuçlarını deterministik sonuçlarla karşılaştırmış ve bu karşılaştırmada P-Medyan Temelli Geleneksel Olmayan Yerleştirme Modelinin toplumsal fayda temini bakımından diğerlerine göre daha etkin ve verimli olduğunu göstermiştir.

Dessouky ve diğ. (2005), ilk aşamada genel yerleşim modellerini ele alarak yaygın acil durumlara yönelik acil yardım tesislerinin optimum yerleştirlmesine yönelik geleneksel olarak kabul edilen Maksimum Kapsama, P- Medyan ve P-Merkez Tesis Yerleştirme Modellerini temel alan problemlerini oluşturmuşlar ve uygulamada ev yangınlarında müdahale oluşturacak acil yardım tesisleri gibi küçük çapta tesislerin yerleştirilmesi ile depremlerde veya terörist saldırılarda kulllanılacak acil yardım merkezlerinin optimum yerleştirlmesi problemlerini kullanmışlardır. Çalışmanın uygulama bölgesi seçtikleri Los Angeles'ta önerdikleri modelin hem geniş çapta hem de küçük çapta bir afette optimum sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Takeda ve diğ., 2007'de Brezilya'nın Campinas şehrinde acil yardım tesislerinin Hiperküp Kuyruk Modeli ile optimum konuşlandırılmasını sağlamışlardır. Kuyruk modellerinin analiz sürecindeki ambulansları müşteri, acil yardım servislerini de gişe şeklinde düşünerek servislerin sayısı, kapasitesi ve yerleri ile ilgili optimum sonuçlar elde etmişler ve yetkililerle paylaşmışlardır.

Almahdewa ve diğ. 2013'te ambulansların ulaşım zamanlarını, aldıkları hastaların aciliyetini ve hastaları ulaştırdıkları hastanelerin kapasitesi gibi durumları dikkate alan ambulanslarla hastaneler arasında Markow Zinciri Modeli diye isimlendirdikleri kuyruk modelini uygulamışlardır. Toplumsal fayda oluşturacak şekilde ambulansların hastaları ulaştırdıkları hastanelerden optimum yerde ve kapasitede hizmet alınmasını sağlamışlardır.

Baray ve Cliquet 2013'te Paris'te 303 yerleşim noktası için optimum yerleştirilecek kadın doğum hastanelerinin yer seçimi probleminde Maksimum Covering ve P- Medyan Tesis Yerlştirme Modellerini Birleştiren bir yaklaşımla üç adet kadın doğum hastanesini optimum yerleştirmişlerdir. Bu modelle toplam talebin % 80'inin kapsandığını ifade etmişlerdir. Sonuçları Fransa Sağlık Bakanlığı yetkilileri ile paylaşmışlardır.

Menghao ve diğ. (2013), çalışmalarında Değiştirilmiş P-Medyan Modeli kullanarak afetzedelerin kurtarılma zamanları ile ilgili değişkenleri modelin amaç fonksiyonuna eklemişler ve Değişken Komşuluk Araması adını verdikleri P- Medyan Tabanlı Algoritma oluşturmuşlardır. Kullanmış oldukları Değişken Komşuluklu P-Medyan Modelinin optimizasyonunda bilgisayar yazılımlarından faydalanmışlardır. Modelin uygulamasını Çin'in batısında 18 kasaba ve 35 köyden oluşan toplam 54 yerleşim birimi içine alan bir bölgede yapmışlardır. 54 yerleşim birimi içinden belirlenen kriterler çerçevesinde 14 tanesini optimum konumda ve en kısa zamanda müdahale edilebilecek şekilde yerleştirmeyi başarmışlardır.

Gözaydın ve Can (2013), çalışmalarında Türkiye'yi sıklıkla derinden etkileyen afet çeşitlerinden depremlerde ivedilikle oluşturulacak deprem yardım istasyonlarının lojistik merkezlerinin optimum yer seçimi konusunu ele almışlar ve çalışmanın modeli P- Medyan ve Maksimum Kapsama Modelleri için ayrı ayrı oluşturulmuş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın uygulama bölgesindeki nüfus, konut ve bina sayısı gibi kriterler çalışmanın modeline belirli ölçülerde ağırlık olarak eklenmiştir. Türkiye ölçeğine uyguladıkları modelle optimum sayıdaki lojistik merkezinin yerleştirilebileceğini göstermişlerdir.

Bendik (2014), kamuya ait servis sistemlerinin lokasyonunu P-Medyan Modeli oluşturarak çözme yoluna gitmiş ve talep noktaları ve servis yerleri arasındaki mesafeleri ve müdahale zamanlarını Lagrange Çarpanları metodu kullanarak belli bir değere kadar indirgemiş ve IP solver bilgisayar yazılımı kullanarak Slovenya Cumhuriyeti'nin tamamında kamu servis merkezlerinin optimum yerleşimini Ağırlıklı P- Medyan Tesis Yerleştirme Modeli ile gerçekleştirmiştir.

Son çeyrek asırda P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemlerinin çözüm yöntemleri geleneksel ve olmayan şeklinde ayrıştırılarak karşılaştırıldığında geleneksel olmayan optimizasyon yöntemlerinin geleneksel yani türev hesabına dayalı olanlara göre oldukça fazla kullanıldıkları görülür.

3. BÖLÜM

YÖNTEM

Bu çalışma Düzce'nin merkez ilçesindeki 56 yerleşim biriminde yetkililerle yapılan görüşmeler sonucu en uygun üç yaralı toplanma merkezi konumunun belirlenmesine yöneliktir. Yerleşim birimlerine yakın seçilen toplanma merkezlerinin afetzedelere daha kısa sürede ilk yardımda bulunmalarının yanı sıra tesis sayısının optimum olması, sağlık kuruluşlarına, ulaşım için ana yollara ve AFAD koordine merkezine yakınlık gibi ölçütler yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılması için dikkate alınması gereken kritik özelliklerdir.

Çalışmanın modeli, bir ağ (Düzce merkez ilçedeki 56 yerleşim birimi) üzerinde yer alan n adet düğüm (56 yerleşim biriminin tümü aday yaralı toplanma merkezi olarak kabul edilmiştir) içerisinden optimum p adedini (yetkililerle sayısı üç olarak belirlenmiştir) toplam ağırlıklandırılmış mesafeyi minimum yapacak şekilde optimizasyon modeli oluşturarak yaralı toplanma merkezi olabilecek konumları belirlemek ve afet anında halkın en yakın yaralı toplanma merkezinden hizmet alacak şekilde ilgili merkezlere yönelmelerini sağlamaktır.

Bu düşünce Hâkimi'nin 1964'te öne sürdüğü "Bir şebekede en az bir optimum nokta yer alır." düşüncesinden yola çıkarak problemin P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli tabanına uygun görülmesi, optimum çözümünün bu yerleştirme modeli ile yapılabileceği fikrini oluşturmuştur.

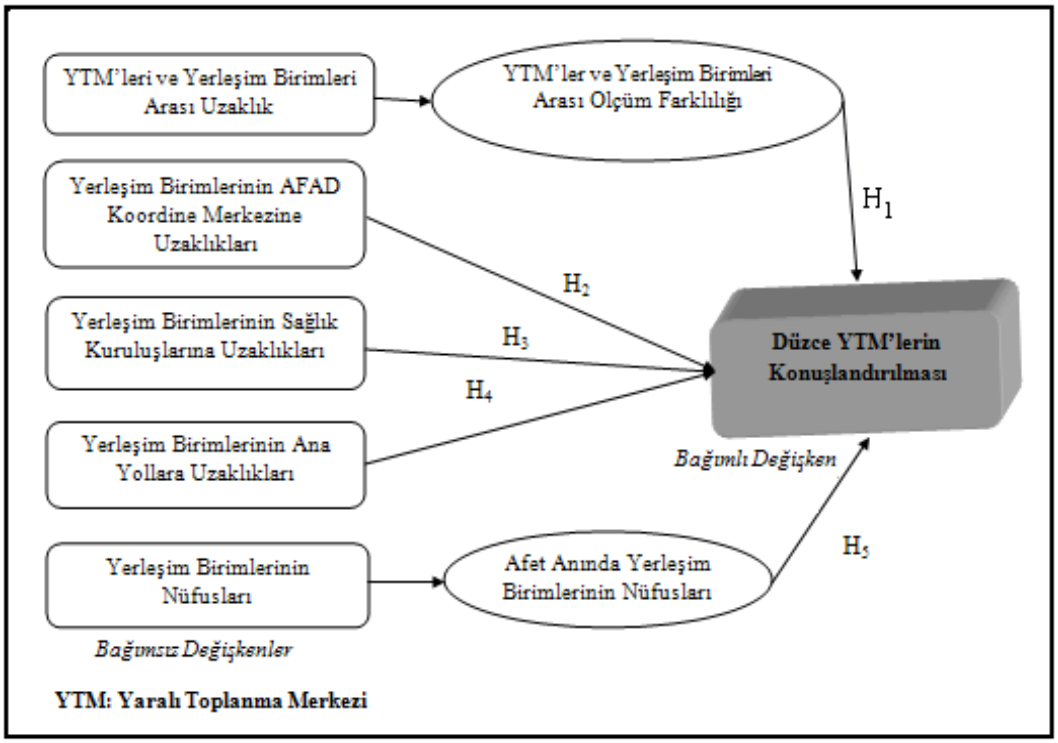
Çalışma, amaç fonksiyonundaki değişkenlerin fonksiyonu değişik oranlarda etkilediğinden dolayı Ağırlıklı P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemi olarak kabul edilmiştir. Tesis yerleştirme modellerinin çözümünde birçok yazılım kullanılmaktadır. Bu çalışmaya konu olan problemin çözümünde ise modelin değişken sayısı ve kısıtlarının yapısı gereği gelişmiş yazılımların kullanılması gerekmektedir.

Mevcut durumda Düzce merkez ilçedeki yaralı toplanma merkezlerinin yerleşim planı bulunmamaktadır. Yetkililerle yapılan mülakatlardan sonra nüfus yoğunluğu ile birlikte diğer önemli ölçütleri de dikkate alarak üç Yaralı Toplanma Merkezinin yerleştirilmesi uygun görülmüştür.

3.1. Araştırma Modeli

Çalışmada Düzce il merkezinde ki 56 yerleşim birimi arasından belli kriterlere göre optimum fayda sağlayacak üç yaralı toplanma merkezinin yerleştirilmesi hedeflenmiştir. Optimum yerleştirilmesi planlanan yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılmasında bağımsız değişkenler; yerleşim birimleri arası uzaklıklar, yerleşim birimlerinin nüfusu, yerleşim birimlerinin sağlık kuruluşlarına, ana yollara ve AFAD koordine merkezine olan uzaklıklar olup çalışmanın modeline eklenmiştir. Şekil 3.1'de modelin bağımlı ve bağımsız değişkenleri gösterilmiştir.

Şekil 3.1. Düzce Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması Modeli



Düzce Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması Modeli'nde belirtilen bağımsız ve ara değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişki matematiksel notasyonlarla aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$K = \left[\frac{1}{2} * A + \frac{1}{2} * \left(B * \frac{40}{100} + C * \frac{30}{100} + D * \frac{30}{100}\right)\right] * E$$

K= Düzce Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması

A= Yerleşim Birimlerinin Nüfusu

B= Yerleşim Birimlerinin Sağlık Kuruluşlarına Uzaklığı

C= Yerleşim Birimlerinin AFAD koordine merkezine olan Uzaklıklığı

D= Yerleşim Birimlerinin Ana yollara olan uzaklığı

E= Aday Yaralı Toplanma Merkezleri ve Yerleşim Birimleri Arası Uzaklık

Düzce Yaralı Toplanma Merkezlerinin konuşlandırılması modelindeki değişkenler göz önüne alındığında aşağıdaki hipotezler ifade edilebilir;

H_1: Yaralı toplanma merkezleri ile yerleşim birimleri arası kapsama mesafesi arttıkça toplam kapsanan afetzede oranı artar.

H_2: Yerleşim birimlerinin AFAD koordine merkezine olan uzaklıkları yaralı toplanma merkezi olarak atanmalarını etkiler.

H_3: Yerleşim birimlerinin sağlık kuruluşlarına olan uzaklıkları yaralı toplanma merkezi olarak atanmalarını etkiler.

H_4: Yerleşim birimlerinin ana yollara olan uzaklıkları yaralı toplanma merkezi olarak atanmalarını etkiler.

H_5: Yerleşim birimlerinin nüfusu yaralı toplanma merkezi olarak atanmalarını etkiler.

Yukarıda ifade edilen hipotezlerin ispatları sonuçlar kısmında açıklanmıştır. Düzce ilinde daha önce yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılmasına yönelik bir çalışma yapılmadığı göz önüne alınarak Düzce merkez ilçede yer alan 56 yerleşim birimi arasından üç yaralı toplanma merkezini seçmek ve yerleştirmek için iki yol izlenmiştir.

Birinci Yol (Geleneksel Optimizasyon Yöntemi kullanarak): Mevcut 56 yerleşim birimini içine alan bölgeyi bir şebeke ve 56 yerleşim biriminin her birini birer düğüm kabul ederek p-medyan temelli tesis yerleştirme modeli geleneksel optimizasyon yöntemlerinden kısıtların belli bir katsayı uygulanarak değiştirilmesini sağlayan Lagrange Çarpanları yaklaşımı kullanılarak 1 ve 2 km kapsama mesafeleri ile analiz edilmiştir ve alınan sonuçlar çalışmanın uygulama kısmında verilmiştir.

İkinci Yol (Geleneksel Olmayan Optimizasyon Yöntemi Kullanılarak): Birinci yol için oluşturulan matematiksel model ikinci yolda geleneksel olmayan optimizasyon yöntemlerinden Genetik Algoritma yaklaşımı kullanılarak 1 ve 2 km kapsama mesafeleri ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar uygulama kısmında açıklanmıştır.

Bu iki yol aynı model üzerinde farklı yöntemler kullanılarak optimum çözüm elde etmek için analiz edilmiştir. İki farklı yöntemle yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılması için *Sitation* yazılımı kullanılmıştır.

Bu yazılım özelliği gereği, optimum konuşlandırmayı sağlayacak matematiksel modeli hem Lagrange Çarpanları hem de Genetik Algoritma yöntemi ile analiz yapabilme ara yüzü sunmaktadır. Yazılım kullanılarak iki ayrı yöntemle elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı şekilde uygulama kısmında verilmiştir.

3.2. Veri Toplama

Verilerin elde edilmesi için birincil ve ikincil verilerden yararlanılmıştır. İlk olarak Düzce merkez ilçedeki yerleşim birimleri literatürdeki talep noktaları olarak kabul edilen yerlerdir. Talep noktalarının ağırlıkları; yerleşim birimlerinin nüfusu, şehiriçi ve şehirlerarası yollara, sağlık kuruluşlarına ve AFAD koordine merkezine

yakınlıklar gibi kriterlerin varlığı ve ağırlıklarının oranları gibi çalışmanın çok önemli verilerine ulaşmak için Düzce ili AFAD İl Müdürlüğü ve Düzce Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü ilgili birimleri ile mülakatlar yapılmıştır.

İkincil veri olarak AFAD yetkililerinden alınan yerleşim merkezleri nüfus bilgileri ve isimlerinden yola çıkarak Google Maps programından talep noktalarının koordinatları (enlem ve boylamları) bulunmuştur. Enlem ve boylamlar kullanılarak Excel programı vasıtasıyla yerleşim merkezleri arası mesafeler matrisi oluşturulmuştur.

İlk olarak Düzce ili AFAD müdürlüğündeki şube müdürleri ile birçok kez yapılan mülakatlar sonucunda, problemin çözümü için gerekli olan talep noktalarının yerleri ve demografik verileri alınmıştır. İkinci olarak oluşturulacak olan yaralı toplanma merkezi sayısının kaç olması ve bu yaralı toplanma merkezlerinin ne gibi özellikler taşıması gerektiği hususunda görüşmeler gerçekleşmiştir. Son olarak nüfusu yoğun, sağlık kuruluşlarına yakın, ana yollara ulaşımı kolay ve ihtiyaç malzemelerine daha hızlı ulaşmak için AFAD koordine merkezine yakın olanlara öncelik tanınacak şekilde üç yaralı toplanma merkezinin yerleştirilme modelinin oluşturulması ön görülmüştür. Bu yakınlıkların ne ölçüde oldukları AFAD yetkilileri ile tespit edilmiştir.

Ayrıca *Sitation* yazılımı için gerekli olan Düzce merkez il sınırları koordinatları Düzce Belediyesi İmar İşleri Müdürlüğünden alınmıştır.

Yerleşim merkezleri koordinatları Google Maps yazılımı ile belirlenip *Sitation* yazılımında ilgili ara yüzlere kaydedilmiştir.

Çalışmadaki merkezler arası mesafeler öklidyen uzaklıklar olup düzlemde iki nokta arası uzaklık hesaplama mantığına dayalı olarak analiz edildiğinden kabul edilebilir bir hata payı mevcuttur.

3.3. Verilerin Analizi ve Yorumlanması

Çalışmada belirli sayıdaki toplanma merkezini optimum konuşlandırmak için oluşturulan matematiksel modelin temelini P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli

oluşturmaktadır. Bu tür problemleri çözmek için kullanılan farklı yazılımlar mevcuttur. Bunlardan bazıları C, C^{++}, Matlab ve *Sitation* şeklinde sıralanabilir. Bu çalışmada ilgili tüm veriler hatasız bir şekilde girildikten sonra kullanımının zor olmaması, probleme özgü kod yazılım gereğinin olmaması ve temin edilebilmesinin kolaylığı açısından *Sitation* (Facility Location Software) programı özellikle tercih edilmiştir. Program, verilerin yanlışsız bir şekilde oluşturulmasından sonra uygulamaya yardımcı olması bakımından çalışmaya katkı sağlamıştır. Çalışmanın ve programın uygulanmasındaki güçlük, verilerin programa aktarılmasında ve sonuçların literatürle uyumluluğu aşamasında olmuştur. Bu aşamalardan sonra güvenirliği ve geçerliliği sağlanan sonuçlar çözüm olarak kabul edilmiştir.

Çalışmada kullanılan *Sitation* programı Mark S. Daskin'nin 2000 yılında hazırladığı bir programdır. Standart Excel'e oranla çok daha güçlü olan bu program özellikle tesis yerleştirme problemlerinin optimum çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır (Darende, 2009; Current ve diğ., 2001). Bu program, optimizasyon gerektiren doğrusal ve doğrusal olmayan programlama gibi cebirsel ifadeler ile modellemeyi sağlayan grafiksel ara yüzü birleştirmesiyle de avantaj sağlamaktadır. *Sitation* programının farklı boyutlara ayrılmış problem çözme yöntemleri mevcuttur. Bunlardan en güçlü olanları geleneksel optimizasyon yöntemlerinden Lagrange Çarpanları ve geleneksel olmayan yöntemlerden Genetik Algoritmalardır. Çalışmada oluşturulan P-Medyan Tesis Yerleştirme Probleminde talep noktalarının tümü aynı özellikte olmadığından ve çok değişkenli yapıya sahip olduğundan *Sitation* yazılımının Lagrange Çarpanları ve Genetik Algoritma ara yüzleri kullanılmıştır.

4. BÖLÜM

YARALI TOPLANMA MERKEZLERİNİN KONUŞLANDIRILMASI

Tesis yeri seçim problemleri, önceki bölümlerde ifade edildiği gibi çok geniş alanda uygulamalara sahiptir. Bu uygulamalar; fabrika, işletme, alışveriş merkezi gibi ticari kuruluşların ya da okul, hastane, postane ve polis merkezleri gibi kamu kuruluşlarının yer seçiminden acil servis istasyonları ve itfaiyeler gibi ilkyardım hizmetlerinin yer seçimine kadar birçok alanda kullanılmıştır.

Tesis yeri seçim problemlerinin konu alındığı diğer bir alan da afetler sonrasında afetzedelerin kargaşa durumunu en aza indirmeyi amaçlayan yaralı toplanma merkezlerinin yer seçimidir.

Çalışmada, Düzce ili merkez ilçedeki 56 yerleşim birimi için AFAD ve İl Sağlık Müdürlüğündeki yetkilileri kısıtlar, varsayımlar ve yaralı toplanma merkezleri açılış kriterleri dikkate alınarak Yaralı Toplanma Merkezleri Konuşlandırma Modeli oluşturulmuş ve *Sitation* yazılımı kullanılarak en az sayıda Yaralı Toplanma Merkezi ile maksimum sayıda nüfusa hizmet verilmesi amaçlanmıştır.

Literatürde tesislerin optimum yerleşimlerinin matematiksel modellerle gerçekleşmesi birçok alanda uygulanırken afetlerle sürekli karşılaşılan bölgelerde hayati önem arz eden Yaralı Toplanma Merkezlerinin yerlerinin optimizasyonunda uygulanmaması, bu tür bir çalışmanın gerekliliğine zemin hazırlamıştır.

4.1. Araştırma Modelinin Varsayımları

Düzce ili Yaralı Toplanma Merkezlerinin optimum konuşlandırılması için oluşturulan p-medyan tabanlı matematiksel modelinin varsayımları aşağıdaki gibidir:

- Yaralı Toplanma Merkezlerinin optimum yerleştirilmesi, merkezler ile yerleşim birimleri arasındaki uzunluğa bağlıdır.

- Açılacak toplanma merkezi sayısı bilinmektedir.
- Toplanma merkezlerinin hizmetinde zaman sınırı yoktur.
- Hizmet veren merkezlerin kapasite sınırı yoktur.
- Toplanma merkezleri açma maliyetleri dikkate alınmamıştır.
- Yerleşim birimlerindeki nüfusun tamamı afetzede olarak kabul edilmiştir.
- Aday Yaralı Toplanma Merkezleri eşit özelliktedir.
- Problem yapısı ayrıktır. (sadece 56 yerleşim birimi üzerinde merkez açılabilir)
- Merkezlerin konuşlanacağı yerler bellidir.
- Afet anında 56 yerleşim biriminde yaşayan nüfusun ikametgâh adreslerinde bulundukları kabul edilmiştir.

4.2. Düzce İli Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması Modeli

P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemleri afet bölgesindeki yerleşim birimleri arasından toplam ağırlıklandırılmış mesafeyi minimum yapacak şekilde, belli sayıdaki Yaralı Toplanma Merkezinin yerleştirilmesi ile ilgilenen problemler olduğundan, çalışma P- Medyan Tesis Yerleştirme Modeli olarak kabul edilmiştir. Modelde geçen w ağırlığı kendi içinde w_p ve w_d şeklinde iki kısma ayrılmıştır. w_p ağırlığında her bir yerleşim biriminin nüfus miktarı, w_d ağırlığında, ulaşım (w_u), sağlık kuruluşlarına (w_s) ve AFAD koordine merkezine yakınlık (w_m) gibi kriterler talep noktalarının ağırlıkları olup amaç fonksiyonuna eklenmiştir. Düzce ili Yaralı Toplanma Merkezlerinin Optimum Yerleştirilmesi Modelinde talep noktalarının özellikleri gereği ağırlıkları farklı olup amaç fonksiyonunu eşit ölçüde etkilemediklerinden oluşturulan model Ağırlıklı P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli olarak kabul edilmiştir (Current vd., 2001: 90, Sule, 2001: 22 Dessouky, 2005 ve Carling ve diğ., 2015).

Bu çerçevede 56 yerleşim biriminden (n= 56) oluşan ağ üzerinde açılacak 3 Yaralı Toplanma Merkezinin (p=3) optimum yerleştirilmesi için aşağıdaki eşitlik (4.1)'deki kadar olası çözüm mevcuttur.

$$\binom{n}{p} = \frac{n!}{(n-p)!\,p!} = \frac{56!}{(56-3)!\,3!} = 28224 \quad (4.1)$$

Buna göre oluşturulan model (2.2) - (2.7) eşitliklerine göre,

Amaç Fonksiyonu;

$$Min \sum_{i=1}^{56} \sum_{j=1}^{56} w_i\, d_{ij}\, x_{ij} \quad (4.2)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad , \quad \forall i \in I \quad (4.3)$$

$$x_{ij} - y_j \leq 0 \qquad \forall i \in I \text{ ve } j \in J \quad (4.4)$$

$$\sum_{j \in J} y_j = p \quad (4.5)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad , \forall j \in J, \text{ j=1,2,3,…,56} \quad \text{ve} \quad \text{i=1,2,3,…,56} \quad (4.6)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I \quad , \quad \forall j \in J \quad (4.7)$$

$$w = \tfrac{1}{2}(w_p + w_d) \quad (4.8)$$

$$2w_p = w \quad (4.9)$$

$$2w_d = w \quad (4.10)$$

$$w_d = (w_s + w_u + w_m) \quad (4.11)$$

$$5w_s = 2w_d \quad (4.12)$$

$$10w_u = 3w_d \quad (4.13)$$

$$10w_m = 3w_d \quad (4.14)$$

Karar Değişkenleri;

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & , \text{ i nin talabi j tarafından karşılanıyorsa} \\ 0 & , \text{ aksi halde} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & , \text{ tesis j aday yerine yerleştirilirse} \\ 0 & , \text{ aksi halde} \end{cases}$$

$$u_j = \begin{cases} 1 & , \text{ j tesisi şehirlerarası yollara 0.5 km ve daha az yakınsa} \\ 0 & , \text{ aksi halde} \end{cases}$$

$$s_j = \begin{cases} 1 & , \text{ j tesisi sağlık kuruluşlarına 2 km ve daha az yakınsa} \\ 0 & , \text{ aksi halde} \end{cases}$$

$$m_j = \begin{cases} 1 & , \text{ j tesisi AFAD koordine merkezine 1 km ve daha az yakınsa} \\ 0 & , \text{ aksi halde} \end{cases}$$

Parametrelerin tanımı;

w_i= talep noktalarının ağırlığı

d_{ij} = i talep noktası ile j aday nokta arasındaki mesafe

p= kurulması planlanan toplanma merkezi sayısı

i =talep düğümleri kümesi

j = aday yaralı toplanma merkezleri kümesi

w_p = i düğümündeki nüfus miktarı,

w_d =Aday merkezlerin sağlık kuruluşlarına, şehirlerarası yollara ve AFAD koordine merkezine yakın olma ağırlıkları toplamı,

w_s =Aday merkezin sağlık kuruluşlarına 2 km ve daha az yakın olma ağırlığı,

w_u = Aday merkezin şehirlerarası yollara 0,5 km ve daha az yakın olma ağırlığı,

w_m= Aday merkezin AFAD koordinasyon merkezine 1 km ve daha az yakın olma ağırlığı olarak kabul edilmiştir.

Modelin formülasyonundaki (4.3) eşitliği bir yerleşim biriminin sadece bir merkeze atanması kısıtıdır. (4.4) eşitliği ile hizmet vermeyecek bir merkeze yerleşim birimi ataması yapılmaması koşulu ifade edilir. (4.5) eşitliği ise yerleşim birimlerine hizmet sunacak olan merkez sayısını p ile sınırlar. (4.6) ve (4.7) karar değişkenleridir. (4.8), (4.9) ve (4.10) eşitlikleri toplam ağırlığın popülasyon ağırlığı ve diğer ağırlık adı altında eşit paylaşıldığını ifade eder. (4.11) eşitliği diğer ağırlık değişkeninin sağlık, ulaşım ve merkez şeklinde alt değişkenlerden oluştuğunu ifade eder. (4.12) eşitliği, sağlık kuruluşlarına yakınlık ağırlığının diğer ağırlık değişkeninin % 40'ı olduğunu gösterir. (4.13) eşitliği, ulaşım ağırlığının diğer ağırlığın % 30'u kadar olduğunu gösterir. (4.14) eşitliği, AFAD kordine merkezine yakınlık ağırlığının diğer ağırlık değişkeninin % 30'u kadar olduğunu gösterir.

Çalışmada makul hizmet uzaklığı, diğer bir ifade ile kapsama uzaklığı (D_c) 1 ve 2 km alınmıştır. Bu kapsama mesafeleri literatürde geçen uzunluk kısıtlarına uygundur çünkü 3 km ve daha uzak yaralı mesafelerinde ilk müdahale ve merkeze taşınma çok zordur (Darende, 2009: 76–77). Düzce merkez sınırları içinde 56 aday Yaralı Toplanma Merkezi arasından talep ağırlıklı uzaklığı minimum yapacak şekilde üç toplanma merkezinin geleneksel (Lagrange Çarpanları) ve geleneksel olmayan (Genetik Algoritma) optimizasyon yöntemleri kullanılarak optimum konumları belirlenmiş ve bu toplanma merkezleri ile hedef kitlenin ne kadarına acil yardım hizmeti götürülebileceği incelenmiştir.

4.2.1. Yaralı Toplanma Merkezlerinin Lagrange Çarpanları Yöntemi ile Konuşlandırılması

4.2.1.1. Dc=1 km için Yaralı Toplanma Merkezlerinin Lagrange Çarpanları Yöntemi ile Konuşlandırılması

Tablo 4,1'de ifade edilen çalışmanın amaç fonksiyonu; $Min \sum_{i=1}^{56} \sum_{j=1}^{56} w_i \, d_{ij} \, x_{ij}$, kısıtları; yerleşim birimlerinin nüfusları, sağlık kuruluşlarına, ana yollara ve AFAD koordine merkezine yakınlıklar olan P-Medyan Modeli Lagrange Çarpanları yöntemi ile *Sitation* yazılımı kullanılarak çözümlenmiştir (Bkz. Ek 6-Ek 7). Düzce merkez ilçedeki 56 yerleşim birimi

arasından 28, 37 ve 48 nolu merkezler optimum konum olarak belirlenmiştir. Düzce merkez nüfusunun % 90.58'inin yani 129546 kişinin afet anındaki talebi Kültür, Sallar ve Çamköy'de konuşlanacak Yaralı Toplanma Merkezleri ile karşılanabilecektir.

Tablo 4.1. Dc=1 km Alınarak Atanan Merkezler ve Kapsanan Talep

Kapsama Parametreleri	**Değerler**
Kapsama Mesafesi	1 km
Optimizasyon Modeli	Lagrange Çarpanları
Atanan Merkezler	Kültür - Sallar- Çamköy
Atanan Düğümlerin Numaraları	28- 37- 48
Nüfusun % Kaçının Kapsandığı	90.58
Kapsanamayan Nüfus (%)	9.41
Kapsanan Nüfus Miktarı	129546
Kapsanamayan Nüfus Miktarı	13472
Ortalama Kapsama Mesafesi	0.72 km
Talebi Karşılanan Yerleşim Sayısı	40
Talebi Karşılanmayan Yerleşim Sayısı	16

Tablo 4.2, Dc=1 km kapsama mesafesi için Lagrange Çarpanları yöntemi ile analizler yapılırken modelin formülasyonundaki değişkenlerin aldığı değerleri göstermektedir.

Tablo 4.2. Dc=1 km Alındığında Temel Sonuçlar

Sonuçlar	**Değerler**
Şebeke Üzerindeki Düğüm Sayısı	56
Ağırlıktaki Talep Oranı	0.5
Kaç Düğüme Optimize Edileceği	3
Kapsama Mesafesi	1 km
Çözüm Yaklaşımı	P-Medyan/ Lagrange Çarpanları
Uygunluk Fonksiyonu Optimum Değeri	78265
Kaç İterasyonla Çözüme Ulaşıldığı	1200
Çözüm Süresi	3.13 saniye

Tablo 4.3, Dc=1 km kapsama mesafesi için model Lagrange Çarpanları yöntemi kullanılarak çözümlendiğinde çarpan olarak kullanılan bu yöntemin parametreleri hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir.

Tablo 4.3. Dc=1 km Alındığında Lagrange Çarpanları Parametreleri

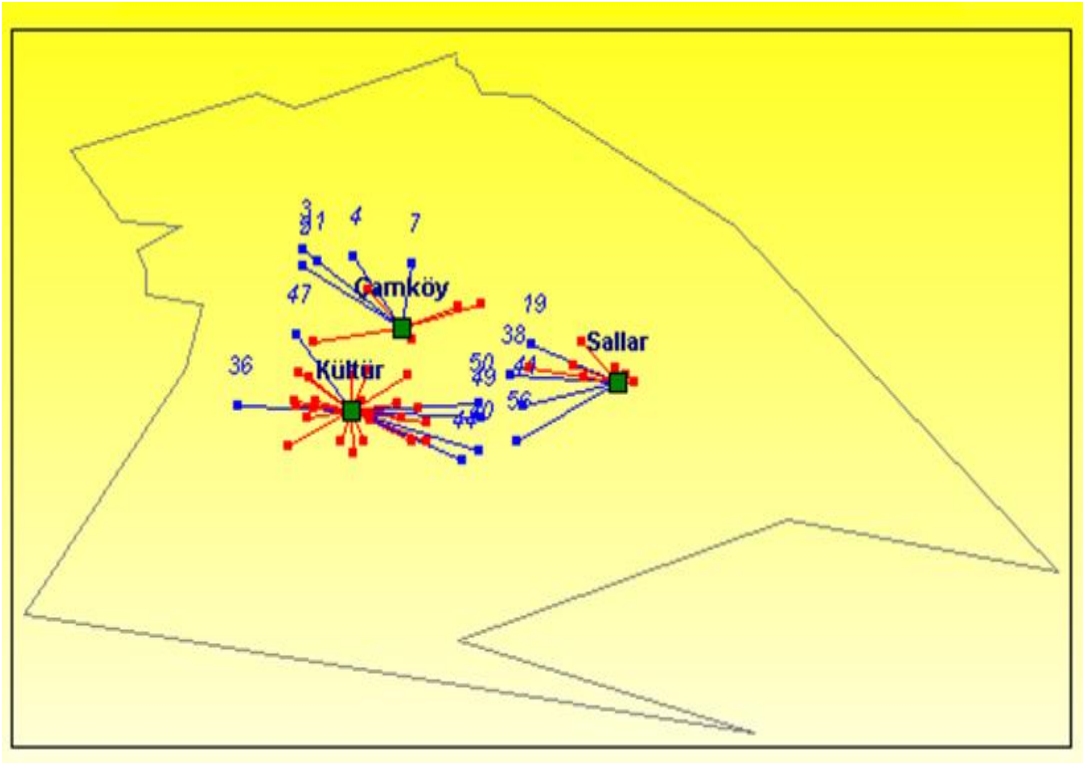
Parametreler	**Değerleri**
İkame Yerleştirme Seçeneği	Değişim
Düğümlerin Kapasite Sınırlılığı	Sınırsız
Seçilen Minimum Mü (μ) Değeri	0.00000001
Mü (μ) Değerinin Kaç Düğümü Etkilediği	36

Tablo 4.4'te Düzce merkeze bağlı Yerleşim Birimleri ve düğüm numaraları verilmiştir.

Tablo 4.4. Yerleşim Birimleri ve Düğüm Numaraları

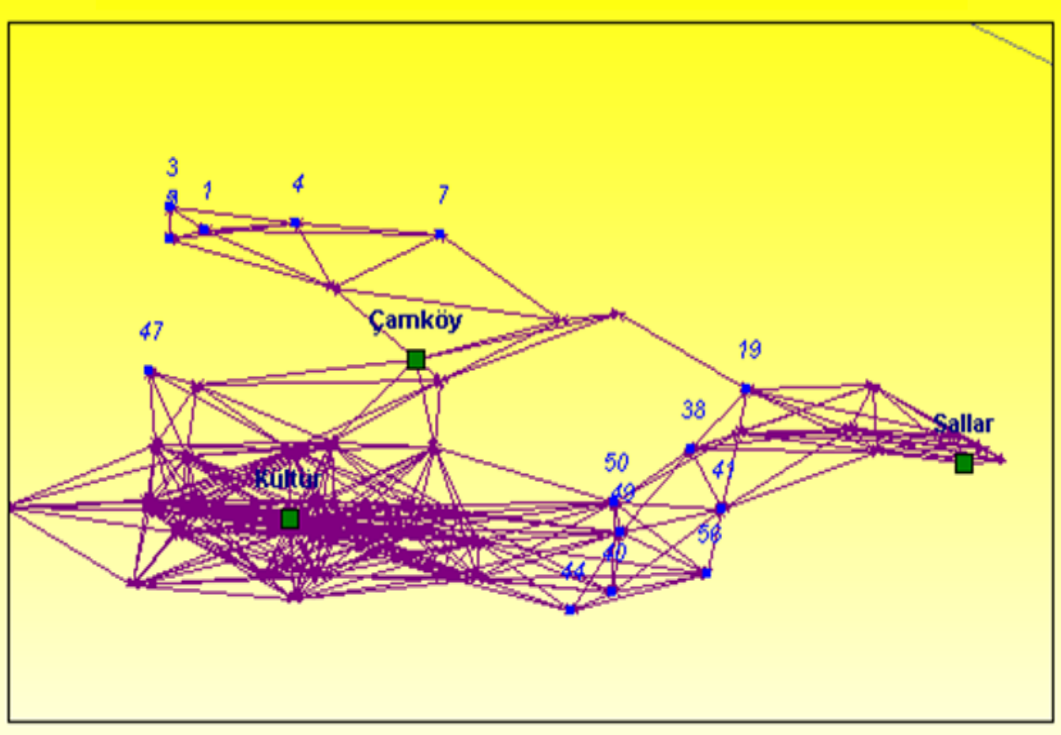
1	Çiftepınarlar	29	Nusrettin
2	Hüseyin Kıl	30	Şerefiye
3	Kemal Isıldak	31	Karaca
4	Murat Demir	32	Uzun Mustafa
5	Terzi Aliler	33	Yeni mah.
6	Bayram Gökmen	34	Yeşiltepe
7	Orhangazi	35	Derelitütüncü
8	Ağaköyü	36	Mergiç
9	Aziziye	37	Sallar
10	Azmimilli	38	Kuyumcu Hacı Ali
11	Bahçelievler	39	Tokuşlar
12	Beyciler	40	Akpınar
13	Burhaniye	41	Yahyalar
14	Camiikebir	42	Nalbantoğlu
15	Cedidiye	43	Çakırlar
16	Cumhuriyet	44	Şıralık
17	Çamlıevler	45	Koçyazı
18	Çay	46	Sancaklar
19	Demetevler	47	Sarayyeri
20	Esentepe	48	Çamköy
21	Fatih	49	Dedeler
22	Fevziçakmak	50	Yukarıyahyalar
23	Güzelbahçe	51	Kazukoğlu
24	Hamidiye	52	Çavuşlar
25	Karahacı Musa	53	Akınlar
26	Kiremit ocağı	54	Arapçiftliği
27	Körpeşler	55	Darıcı
28	Kültür	56	Soğukpınar

Şekil 4.1. Dc=1 km için Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Kapsanmayan Yerleşim Birimleri Haritası



Şekil 4.1 Dc=1 km kapsama mesafesi için Lagrange Çarpanları yöntemi kullanılarak yapılan çözümleme sonucunda atanan merkezler ve hangi yerleşim birimlerinin kapsandığını göstermektedir. Kültür, Sallar ve Çamköy Yaralı Toplanma Merkezleriyle, toplam talebin % 90.58'ini oluşturan 40 yerleşim biriminin kapsandığı ancak 16 yerleşim biriminin ise kapsanmadığı görülmektedir. Şekilde, kapsanan birimler kırmızı, kapsanmamış birimler ise mavi renkte gösterilmiştir.

Şekil 4.2. Dc=1 km Alındığında Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Ağ Yolları Haritası



Şekil 4.2'de toplanma merkezi olarak atanan Kültür, Sallar ve Çamköy merkezleri ile yerleşim birimleri bir ağ içinde ifade edilmiş ve bu ağ şebekesi içinde modelin analizi sonucunda kapsanamayan düğümler mavi renkte gösterilmiştir.

4.2.1.2. Dc=2 km için Yaralı Toplanma Merkezlerinin Lagrange Çarpanları Yöntemi ile Konuşlandırılması

Tablo 4.5. Dc=2 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi ve Genel Sonuçları

Kapsama Parametreleri	Değerler
Kapsama Mesafesi	2 km
Optimizasyon Modeli	Lagrange Çarpanları
Atanan İstasyonlar	Kültür - Sallar- Çamköy
Atanan Düğümlerin Numaraları	28- 37- 48
Nüfusun % kaçının Kapsandığı	99.44
Kapsanamayan Nüfus (%)	0.56
Kapsanan Nüfus Miktarı	142217
Kapsanamayan Nüfus Miktarı	800
Ortalama Kapsama Mesafesi	0.83 km
Talebi Karşılanan Yerleşim Sayısı	55
Talebi Karşılanmayan Yerleşim Sayısı	1 (Kemal Işıldak)

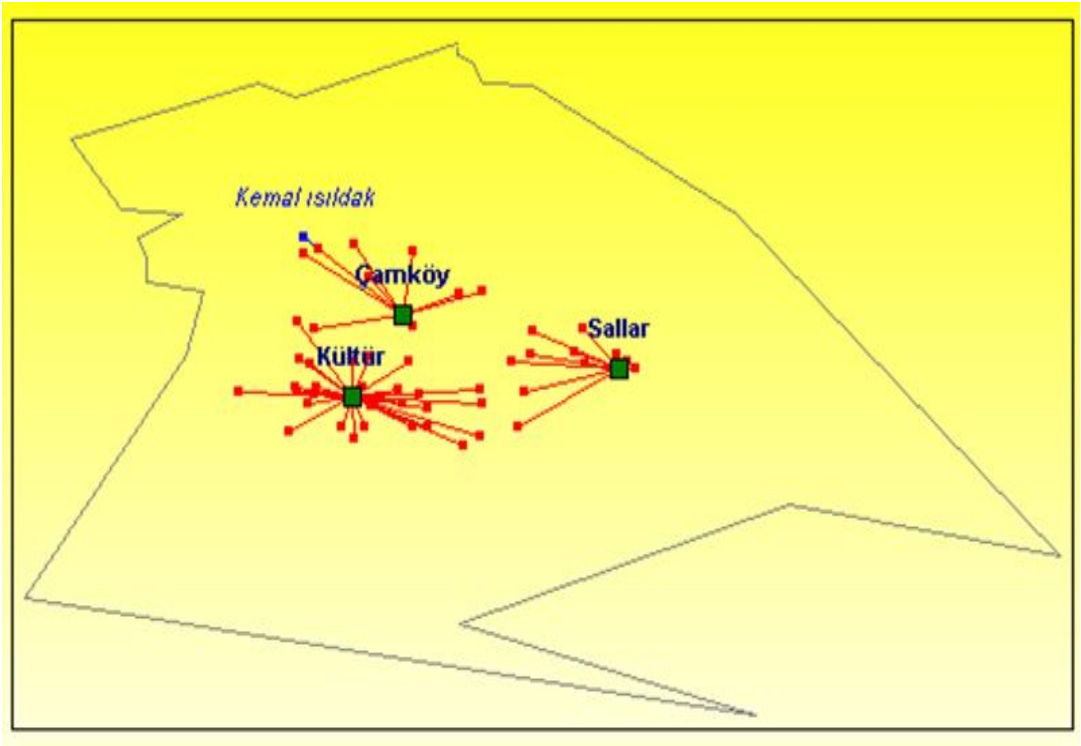
Tablo 4.5'de görüldüğü gibi konuşlandırma modeli; kapsama mesafesi, yerleşim birimleri arası uzaklıklar, yerleşim birimlerinin nüfusları, sağlık kuruluşlarına, ana yollara ve AFAD koordine merkezine yakınlıklar gibi kriterlerin içinde yer aldığı bir amaç fonksiyonuna (4.3) - (4.14) kısıtları çerçevesinde Lagrange Çarpanları yöntemi kullanılarak çözümlenmiştir (Bkz. Ek 8-Ek 9). Elde edilen sonuçlar incelendiğinde 56 yerleşim birimi arasından 28, 37 ve 48 nolu birimlerin optimum toplanma merkezi olduğu ve Düzce merkez nüfusunun % 99.44'ü yani 142217 kişinin afet anındaki yardım talebi Kültür, Sallar ve Çamköy' de konuşlanacak Yaralı Toplanma Merkezleri ile karşılanabildiği anlaşılmıştır. Ancak bir yerleşim biriminin (Kemal Işıldak) talebinin karşılanmadığı görülmektedir.

Tablo 4.6. Dc=2 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi Değerleri

Parametreler	Değerler
Şebeke Üzerindeki Düğüm Sayısı	56
Ağırlıktaki Talep Oranı	0.5
Kaç Düğüme Optimize Edileceği	3
Kapsama Mesafesi	2 km
Çözüm Yaklaşımı	P-Medyan/ Lagrange Çarpanları
Uygunluk Fonksiyonu Optimum Değeri	78265
Kaç İterasyonla Çözüme Ulaşıldığı	400
Çözüm Süresi	2.64 saniye

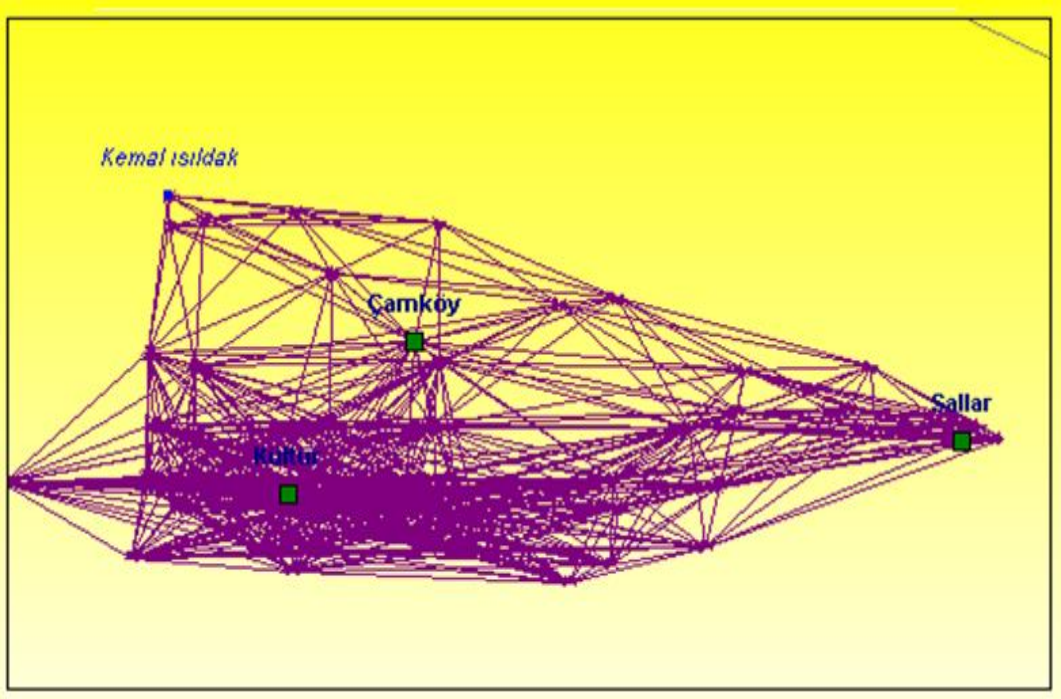
Tablo 4.6, Dc=2 km için çalışmanın modelinin Lagrange Çarpanları yöntemi ile çözümü sırasında hangi parametrelerin kullanıldığı ve çıkan değerler hakkında açıklık getirmektedir.

Şekil 4.3. Dc=2 km için Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Kapsanamayan Yerleşim Birimleri Haritası



Şekil 4.3'de Dc=2 km için Lagrange Çarpanları yöntemi kullanarak yapılan çözümleme sonucunda atanan merkezler ve hangi merkezlerin kapsandığı gösterilmektedir. Kültür, Sallar ve Çamköy merkezleri ile 55 yerleşim birimi kapsanmış (kırmızı renk ile gösterilenler) ve Kemal Işıldak yerleşim birimi kapsanmamıştır.

Şekil 4.4. Dc=2 km Alındığında Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Ağ Yolları Haritası



Şekil 4.4'de yaralı toplanma merkezi olarak atanan Kültür, Sallar ve Çamköy merkezleri ile yerleşim birimleri bir ağ içinde ifade edilmiş ve bu ağ şebekesi içinde modelin hangi ağ yolları kullandığı gösterilmiştir.

4.2.1.3. Bulgular ve Yorumlar

Düzce merkeze bağlı 56 yerleşim birimi için 1 km kapsama uzaklığı ve üç toplanma merkezi konuşlandırma şartı ile P-Medyan Modeli geleneksel optimizasyon metotlarından Lagrange Çarpanları yöntemi ile analiz edildiğinde Düzce merkez nüfusu olan 143018 kişinin % 90.586'sı yani 129546 kişinin talebi 28 (Kültür), 37 (Sallar) ve 48 (Çamköy) Toplanma Merkezleri ile karşılanmıştır. Fakat 16 yerleşim biriminin yani 13472 kişinin talebi karşılanamamıştır. Talebi karşılanamayan afetzede sayısı tüm bölge nüfusunun yaklaşık % 9'unu oluşturduğundan bu oranın azımsanamayacak olduğu anlaşılmış ve kapsama mesafesi kademeli olarak arttırıldığında kapsanamayan 13472 kişinin azaldığı görülmüştür. Örneğin model, kapsama mesafesi 1.5 km olarak çözümlendiğinde kapsanamayan kişi sayısı 10012 kişiye düşmektedir.

Kapsama uzaklığı 2 km için Lagrange Çarpanları yolu ile üç yaralı toplanma merkezinin konuşlandırılması analizi yapıldığında Düzce merkez nüfusunun % 99.44'ü yani 142217 kişinin talebi 28 (Kültür), 37 (Sallar) ve 48 (Çamköy) merkezleri ile karşılanmıştır. Bir yerleşim biriminin (Kemal Işıldak) yani 800 kişinin talebi karşılanamamıştır. Tüm bölge nüfusunun yalnızca % 0.55'i kadar afetzedeye ulaşılamamış olunması toplumsal fayda açısından oldukça iyi bir sonuçtur. Ancak Düzce il merkezi nüfusunun tamamının (143018 kişi) üç Yaralı Toplanma Merkezi ile kapsanabilmesi için kapsama mesafesinin 3 km olması gerektiği yapılan analizler sonucunda anlaşılmıştır.

4.2.2. Genetik Algoritma Yöntemi İle Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması

4.2.2.1. Dc=1 km için Yaralı Toplanma Merkezlerinin Genetik Algoritma Yöntemi ile Konuşlandırılması

Tablo 4.7. Dc=1 ve 2 km için Genetik Algoritma Parametre Değerleri

Parametreler	Değerler
Popülasyon Genişliği	20
Maksimum Jenerasyon Sayısı	200
Başlangıç Jenerasyon Genişliği	50
Genetik Canlının Kabul Edilen Yaşam Süresi	10
Mutasyon Oranı	0.1
Ebeveyn Seçim Kuralı	Sıralı (rank)

Tablo 4.7'de, Dc=1 km için çalışmanın modeli Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak çözümlendiğinde kullanılan parametreler ve değerleri *Sitation* yazılımının ara yüzleri kullanıldığından popülasyon genişliği için, 20–250 aralığı öngörülmekte ancak yapılan denemeler sonucunda popülasyon genişliği oranının 20 olarak alınması uygun bulunmuştur. Maksimum jenerasyon sayısı için, analiz

aşamasında kullanılan *Sitation* yazılımı gereği 1–1000 aralığında bir değer ön görülmekteyken uygunluk değeri sonuçları dikkate alındığında maksimum jenerasyon sayısının 200 ile sınırlanması kabul edilmiştir. Genetik Algoritma sürecinde yeni üretilen bireylerin yaşam süreci için 1–10 günlük bir zaman aralığı öngörülürken yaşam süresi arttıkça uygunluk değerleri yüksek bireylerden müteşekkil bir popülasyon oluştuğu yapılan denemelerle tespit edilmiş bu nedenle yeni yavru bireyin yaşam süresi 10 gün olarak modele dahil edildi. Mutasyon oranının 0.1 olarak seçilme nedeni sayfa 103 ve 104'te ki Şekil. 4.13 ve 4.14'te ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Ebeveyn seçim kuralı olarak sıralı seçim yönteminin kullanılmasının nedeni, bu yöntemde çaprazlama ve mutasyon işlemleri sonucunda oluşan yeni yavru bireylerin uygunluk değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanmakta ve büyük olanlara öncelik tanınmaktadır. Bu mantığın işlediği sıralı seçim yöntemi modelin *Sitation* yazılımı ile analizi ile de anlamlı sonuçlar verdiği görülmüş ve ebeveyn seçim kuralı olarak sıralı seçim yönteminin kullanılması uygun bulunmuştur.

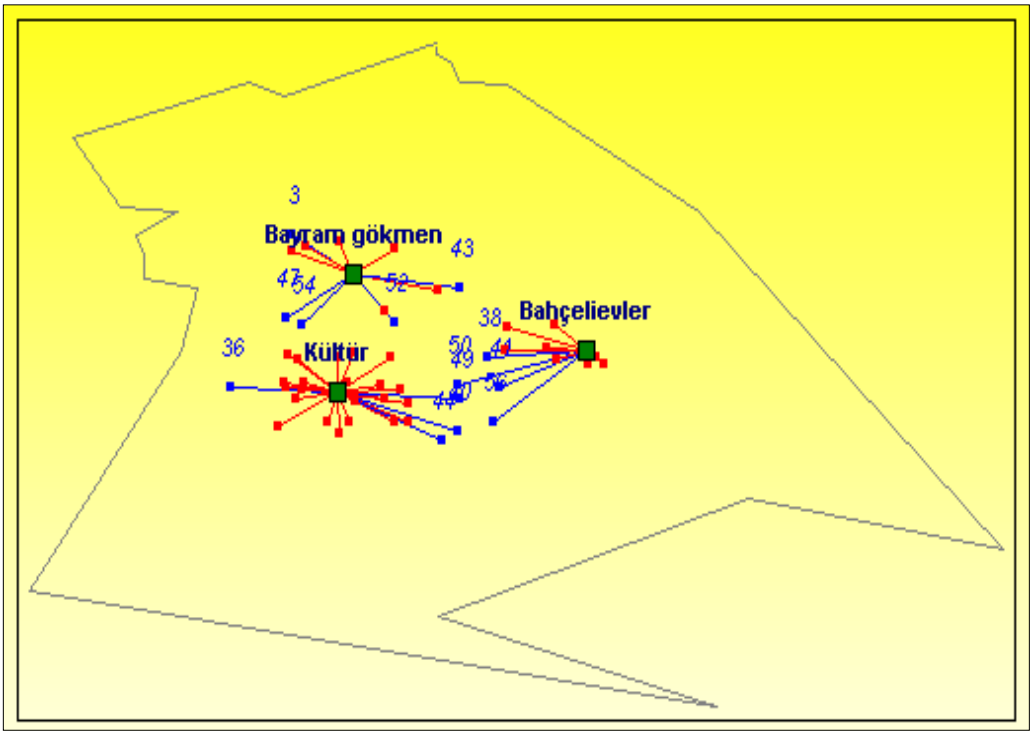
Tablo 4.8. Dc=1 km için Genetik Algoritma Yöntemi ve Genel Sonuçlar

Parametreler	**Değerler**
Toplam Talep	143018
Kullanılan Model	P-Medyan
Kullanılan Çözüm Yaklaşımı	Genetik Algoritma
Merkez Olarak Atanan Düğümler	Bayram Gökmen - Bahçelievler-Kültür
Atanan Merkezlerin Düğüm Numaraları	6–11–28
Talebin % kaçının Kapsandığı	92.97
Talebin % kaçının Kapsanamadığı	7.03
Talebi Karşılanan Nüfus	132963
Talebi Karşılanmayan Nüfus	10055
Kaç İterasyonla Optimum Değere Ulaşıldığı	128
En İyi Genetik Algoritma Değeri	79707
Talebi Karşılanan Yerleşim Sayısı	43
Talebi Karşılanmayan Yerleşim Sayısı	13
Ortalama Kapsama Mesafesi	0.72
Algoritmanın Modeli Çözüm Süresi	19.84 sn

Tablo 4.8'de çalışmanın amaç fonksiyonu; $Min \sum_{i=1}^{56} \sum_{j=1}^{56} w_i \, d_{ij} \; x_{ij}$ olan modelin kısıtları; yerleşim birimlerinin nüfusları, sağlık kuruluşlarına, ana yollara ve AFAD koordine merkezine yakınlıkları olan p-medyan modeli Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak analiz yapıldığında 56 yerleşim birimi arasından 6, 11 ve 28 (Bayram Gökmen- Bahçelievler- Kültür) yerleşim birimleri üzerindeki aday toplanma merkezlerini optimum lokasyonlar olarak çıkmıştır (Bkz. Ek 10- Ek 11). Buna göre Düzce merkez nüfusunun % 92.97'sinin yani 132963 kişinin afet anındaki talebi Bayram Gökmen, Bahçelievler ve Kültür yerleşim birimlerinde

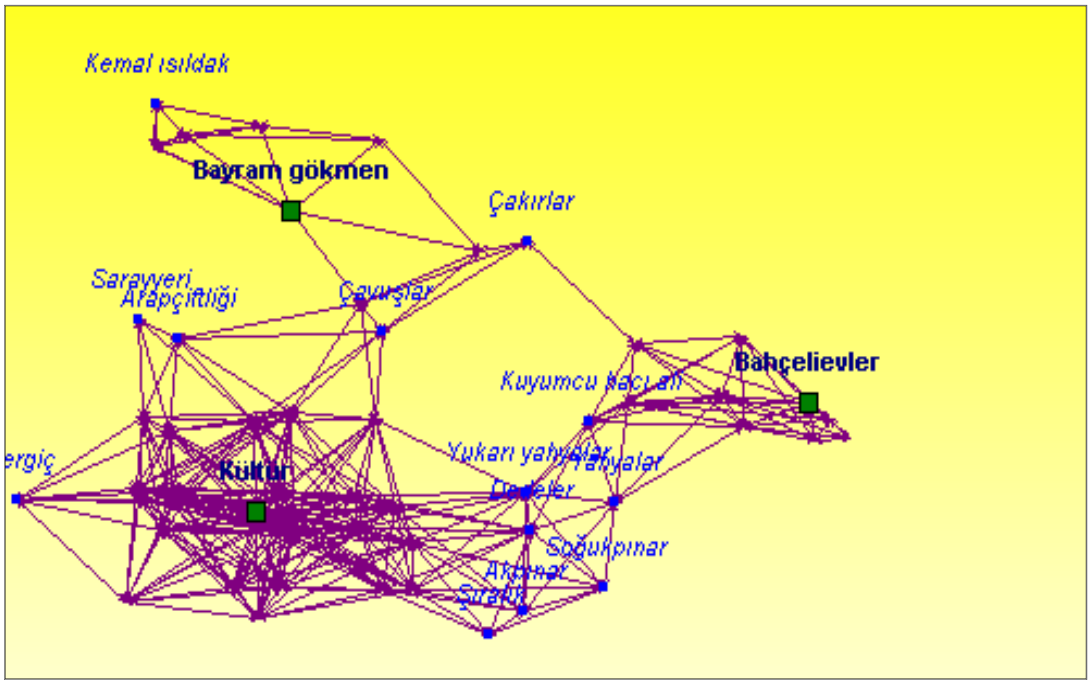
konuşlanacak Yaralı Toplanma Merkezleri ile karşılanabilecektir. Talebi karşılanamayan 10055 afetzedenin sayısını azaltmak için kapsama mesafesinin ya da toplanma merkezi sayısının artması gerekmektedir. AFAD yetkilileri ile yapılan görüşmelerde toplanma merkezinin kurulum maliyetleri düşünüldüğünde kapsama mesafesinin artırılması uygun görülmüştür. 1.5 km için Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak model çözümlendiğinde 10055 kişi, 9875 kişiye düşmektedir. Bu azalma, yetkililerce yetersiz bulunduğu için gelen alt başlıklardaki kapsama mesafesinin 2 km olduğu durum makul görülmüştür.

Şekil 4.5. Dc=1 km için Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Kapsanamayan Yerleşim Birimleri Haritası



Şekil 4.5'te Dc=1 km kapsama mesafesi için Genetik Algoritma yöntemi kullanarak çözümlendiğinde atanan toplanma merkezleri ve hangi yerleşim birimlerinin kapsandığı gösterilmekte ve Bayram Gökmen, Bahçelievler ve Kültür yaralı toplanma merkezleri ile toplam talebin % 92.97'si karşılandığı ancak 13 yerleşim biriminin afet anında talebinin karşılanamayacağı, talebi karşılanamayan yerleşim birimlerinin düğüm numaraları (mavi renkte gösterilmiştir ve Tablo 4.4 ile düğüm numaralarının yerleşim birimi karşılıkları verilmiştir) gösterilmiştir.

Şekil 4.6. Dc=1 km Alındığında Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Ağ Yolları Haritası



Şekil 4.6'da Yaralı Toplanma Merkezi olarak atanan Bayram Gökmen, Bahçelievler ve Kültür merkezleri ile kapsanamayan yerleşim birimleri aynı ağ içinde ifade edilmiş, kapsanamayan yerleşim birimlerinin isimleri verilmiştir.

4.2.2.2. Dc=2 km için Toplanma Merkezlerinin Genetik Algoritma Yöntemi ile Konuşlandırılması

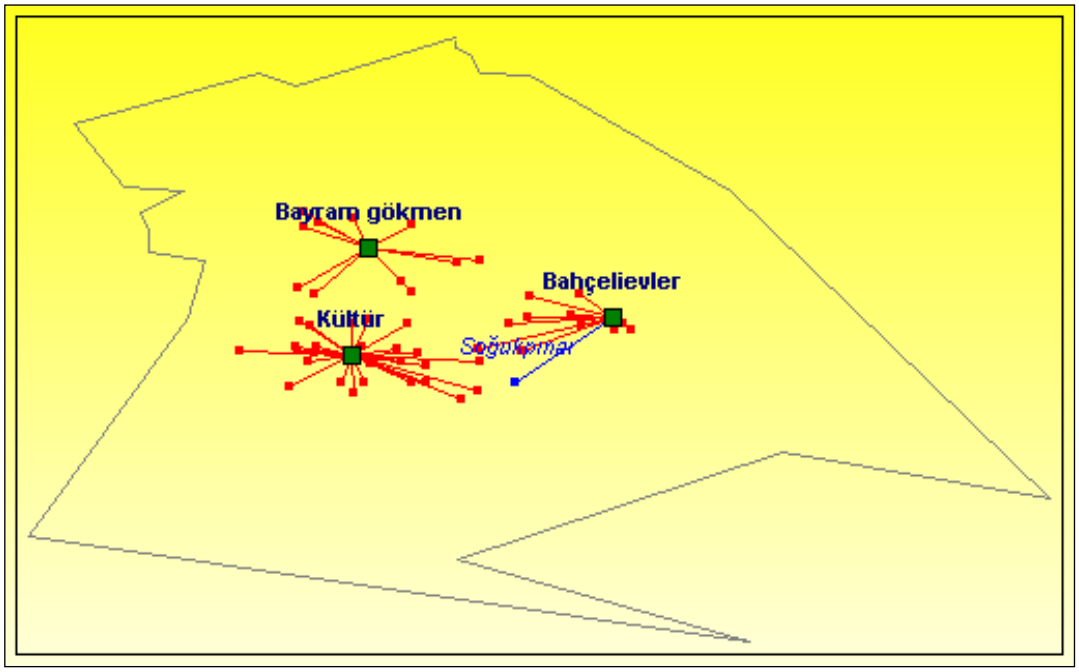
Tablo 4.9. Dc=2 km için Genetik Algoritma Yöntemi ve Genel Sonuçlar

Parametreler	Değerler
Toplam Talep	143018
Kullanılan Model	P-Medyan
Kullanılan Çözüm Yaklaşımı	Genetik Algoritma
Merkez Olarak Atanan Düğümler	B.Gökmen-Bahçelievler-Kültür
Atanan Merkezlerin Düğüm Numaraları	6–11–28
Talebin % kaçının Kapsandığı	99.46
Talebin % kaçının Kapsanamadığı	0.54
Talebi Karşılanan Nüfus	142245
Talebi Karşılanmayan Nüfus	773
Kaç İterasyonla Optimum Değere Ulaşıldığı	81
En İyi Genetik Algoritma Değeri	78763
Talebi Karşılanan Yerleşim Sayısı	55
Talebi Karşılanmayan Yerleşim Sayısı	1 (Soğukpınar)
Ortalama Kapsama Mesafesi	0.72
Algoritmanın Modeli Çözüm Süresi	12.56 sn

Tablo 4.9'da çalışmanın modeli Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak çözümlendiğinde 56 yerleşim birimi arasından 6, 11 ve 28 nolu yerleşim birimleri optimum yerler olarak belirlenmiş ve Düzce merkez nüfusunun % 99.46'sı yani 142215 kişinin afet anındaki talebi Bayram Gökmen, Bahçelievler, Kültür yerleşim birimlerinde konuşlanacak yaralı toplanma merkezleri ile karşılanabilecektir (Bkz. Ek 12-Ek 13). Ancak toplam talebin % 0.54'ünün yani 773 kişinin talebi

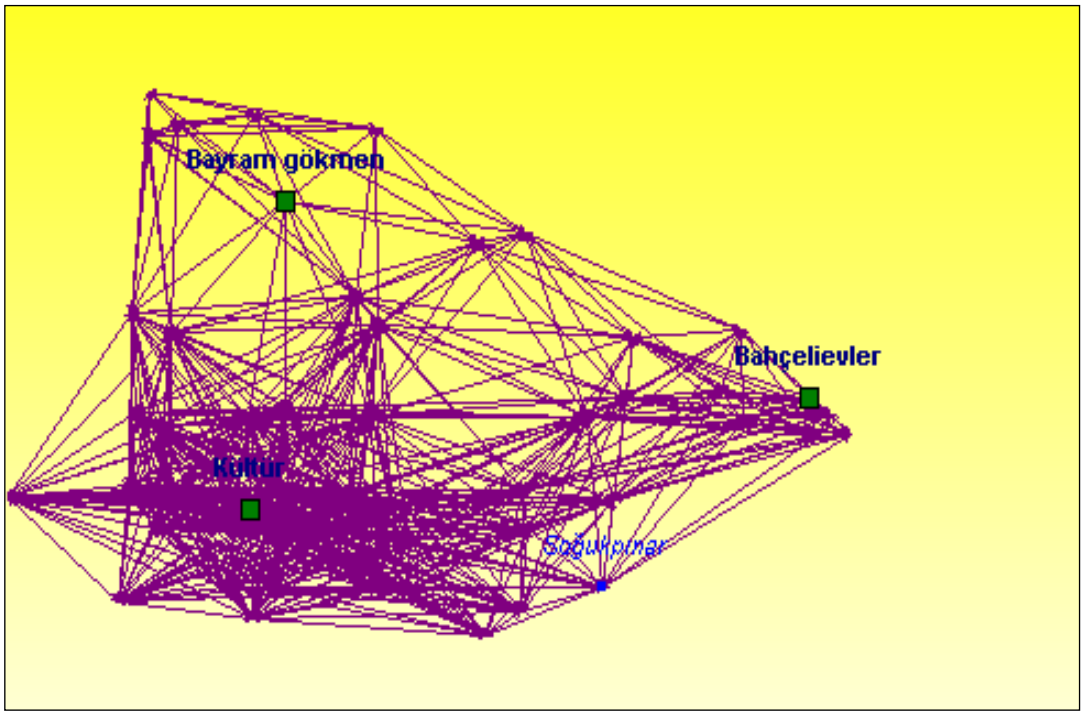
karşılanamamıştır. Talebi karşılanamayan yerleşim birimi yalnızca Soğukpınar yerleşim birimidir.

Şekil 4.7. Dc=2 km için Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Kapsanamayan Yerleşim Birimleri Haritası



Şekil 4.7'de, Dc=2 km kapsama mesafesi için Genetik Algoritma yöntemi kullanarak yapılan analiz sonucunda yerleştirilen Bayram Gökmen, Bahçelievler ve Kültür yaralı toplanma merkezleri ile toplam talebin % 99.46'sı karşılandığı ancak bir yerleşim biriminin (Soğukpınar) afet anındaki talebinin karşılanamadığı gösterilmiştir.

Şekil 4.8. Dc=2 km Alındığında Atanan Yaralı Toplanma Merkezleri ve Ağ Yolları Haritası



Şekil 4.8'de Dc=2 km alınarak Genetik Algoritma yöntemi ile çalışmanın modeli çözümlendiğinde Yaralı Toplanma Merkezleri olarak tespit edilen Bayram Gökmen, Bahçelievler ve Kültür Toplanma Merkezleriyle, diğer 53 yerleşim birimi aynı ağ içinde ifade edilmiş, Soğukpınar yerleşim biriminin talebinin karşılanamadığı gösterilmiştir.

4.2.2.3. Bulgular ve Yorumlar

Düzce merkeze bağlı 56 yerleşim birimi için 1 km kapsama mesafesi ve üç yaralı toplanma merkezi konuşlandırma şartı ile P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli geleneksel olmayan optimizasyon yöntemlerinden Genetik Algoritma ile çözümlendiğinde Düzce merkez nüfusu olan 143018 kişinin % 92.97'si yani 132963 kişinin talebi Bayram Gökmen, Bahçelievler ve Kültür Yaralı Toplanma Merkezleri ile karşılanmış, 13 yerleşim biriminin yani 10055 kişinin talebi karşılanamamıştır.

Kapsama uzaklığı 2 km ve üç toplanma merkezi ile yapılan konuşlandırma, Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak analiz edildiğinde Düzce merkez nüfusunun % 99.46'sı yani 142245 kişinin talebi Bayram Gökmen, Bahçelievler ve Kültür Yaralı Toplanma Merkezleri ile karşılanmış, bir yerleşim biriminin (Soğukpınar) yani 773 kişinin talebi karşılanamamıştır.

4.3. Çalışmanın Analizinde Kullanılan Lagrange Çarpanları ve Genetik AlgoritmaYöntemlerinin Karşılaştırılması

Düzce il merkezine bağlı 56 yerleşim birimi içinden 1 km ve 2 km kapsama mesafesinde maksimum talebi karşılayacak 3 adet Yaralı Toplanma Merkezinin optimum yerlerini P-Medyan tabanlı oluşturulan tesis yerleştirme modeli geleneksel ve geleneksel olmayan optimizasyon yöntemlerinden Lagrange Çarpanları ve Genetik Algoritma metotları ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. Karşılaştırmalı sonuçlar gelen tablo ve şekillerle ifade edilmiştir.

Tablo 4.10. Genel Sonuçlar (Dc=1 km için)

	Lagrange Çarpanları	**Genetik Algoritma**
Kapsama Oranı	% 90.586	% 92.97
Atanan Toplanma Merkezleri	Kültür, Sallar, Çamköy	Bayram Gökmen-Bahçelievler-Kültür
Atanan Merkezlerin Düğüm Numaraları	28 - 37 - 48	6– 11– 28
Talebi Karşılananların Sayısı	129546	132963
Talebi Karşılanamayan Nüfus	13472	10055
Ortalama Kapsama Mesafesi	0.726	0.726
Talebi Karşılanan Yerleşim Sayısı	40	43
Talebi Karşılanamayan Yerleşim Sayısı	16	13

Tablo 4.11. Genel Sonuçlar (Dc=2 km için)

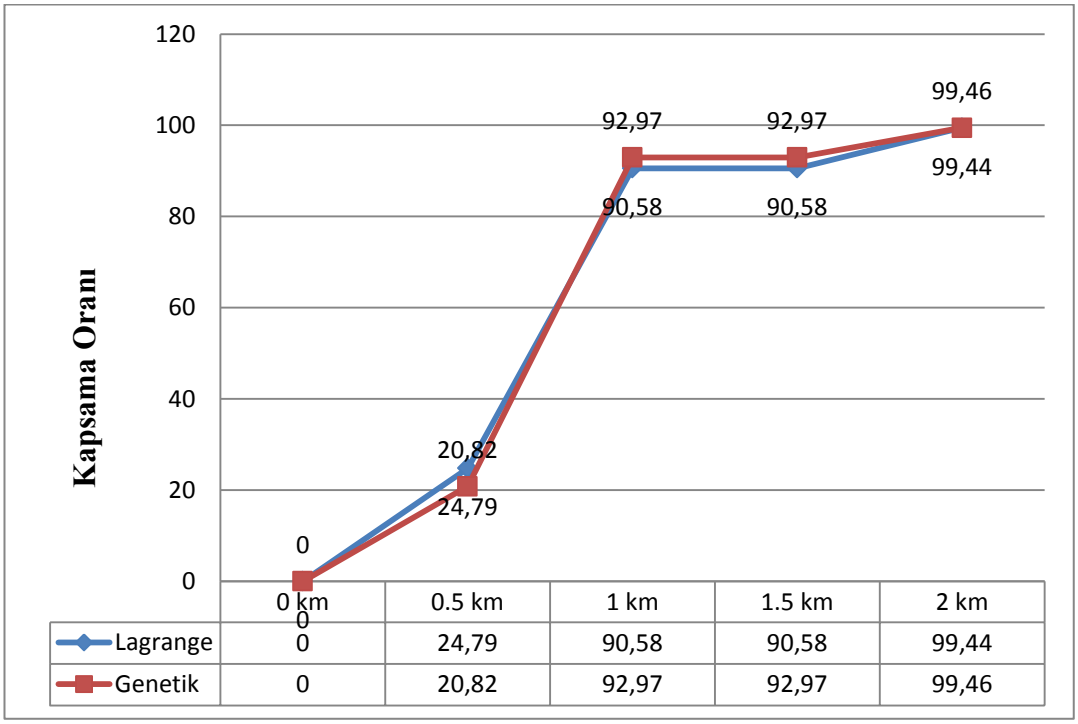
	Lagrange Çarpanları	**Genetik Algoritma**
Kapsama Oranı	% 99.44	% 99.46
Atanan Toplanma Merkezleri	Kültür, Sallar, Çamköy	Bayram Gökmen-Bahçelievler-Kültür
Atanan Merkezlerin Düğüm Numaraları	28 - 37 - 48	6- 11- 28
Talebi Karşılananların Sayısı	142217	142246
Talebi Karşılanamayan Nüfus	801	772
Ortalama Kapsama Mesafesi	0.839	0.855
Talebi Karşılanan Yerleşim Sayısı	55	55
Talebi Karşılanamayan Yerleşim Sayısı	1	1

Tablo 4.10 ve Tablo 4.11'de Düzce ili merkez ilçe sınırları için oluşturulan Yaralı Toplanma Merkezlerinin optimum konuşlandırılması modelinin geleneksel ve geleneksel olmayan metotlarla analizine ilişkin sonuçlar verilmiştir. Analizin iki boyutu vardır; ilki çözüm yaklaşımı, ikincisi kapsama mesafesidir. Dikkatle incelendiğinde kapsama mesafesi arttığında talebin karşılanma oranı da artmaktadır ancak kapsama mesafesini arttırmak, yaralıların toplanma merkezlerine ulaşmalarını engelleyecek sınıra varmamalıdır. Ayrıca çözüm yaklaşımları açısından Genetik Algoritma çözüm performansının Lagrange Çarpanları yöntemine göre 1 km kapsama mesafesinde % 2.384 ve 2 km kapsama mesafesinde % 0.02 kapsama oranı ile daha optimum sonuçlar verdiği Şekil 4.9' da görülmüştür.

Yaralı Toplanma Merkezlerinin Optimum Konuşlandırılması Modeli, 2 km kapsama mesafesi için Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak analiz edildiğinde toplam kapsanan afetzede sayısı Lagrange Çarpanları yöntemi ile yapılan analiz sonuçlarına göre daha fazla olduğundan Bayram Gökmen, Kültür ve Bahçelievler

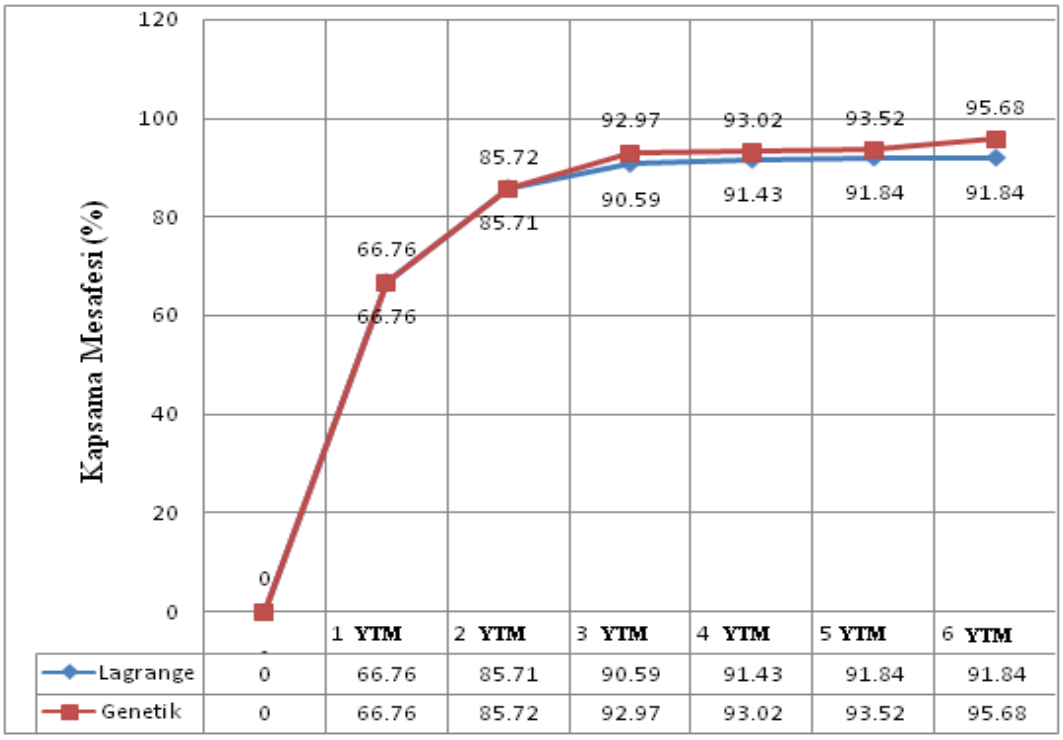
toplanma mekezlerinin tercih edilmesi Düzce ili AFAD yetkililerince uygun görülmüştür.

Şekil 4.9. Değişken Dc için Kapsama Oranına Bağlı Karşılaştırma



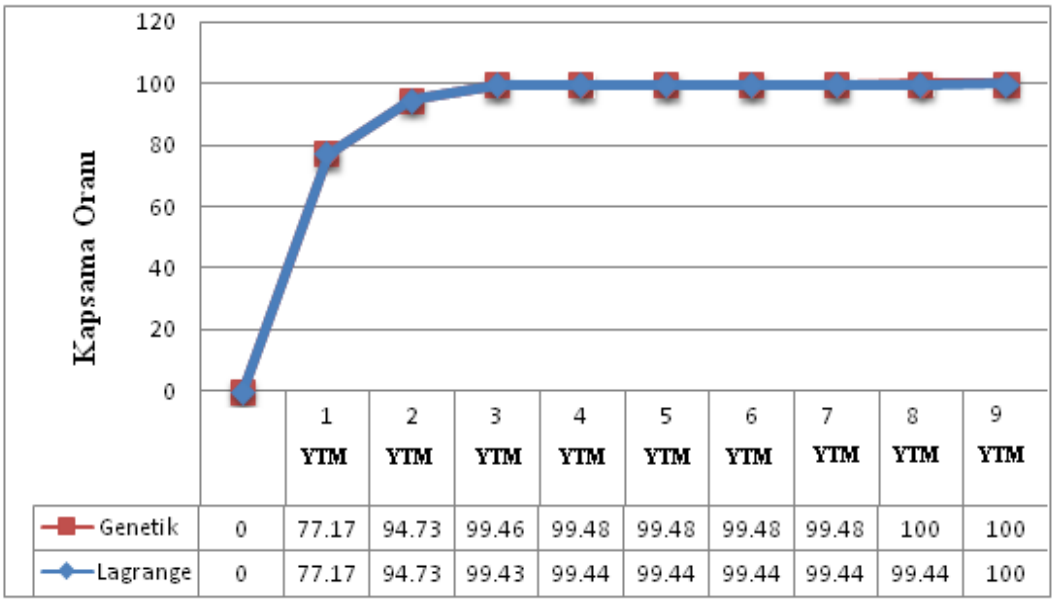
Şekil 4.9 incelendiğinde modelin makul kapsama mesafesini değiştirerek analizi Lagrange Çarpanları ve Genetik Algoritma ile tekrarlandığında 0.5 km için Lagrange Çarpanları yönteminin Genetik Algoritma yöntemine göre kapsama oranının % 3.97 ile daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak 1, 1.5 ve 2 km için analiz her iki yöntem için yapıldığında Genetik Algoritma ile yapılan çözümlemenin sürekli Lagrange Çarpanları yöntemi ile yapılan çözümlemeye göre daha fazla afetzedeyi kapsadığı görülmektedir.

Şekil 4.10. Dc=1 km için Yaralı Toplanma Merkezi Sayısına Bağlı Karşılaştırma



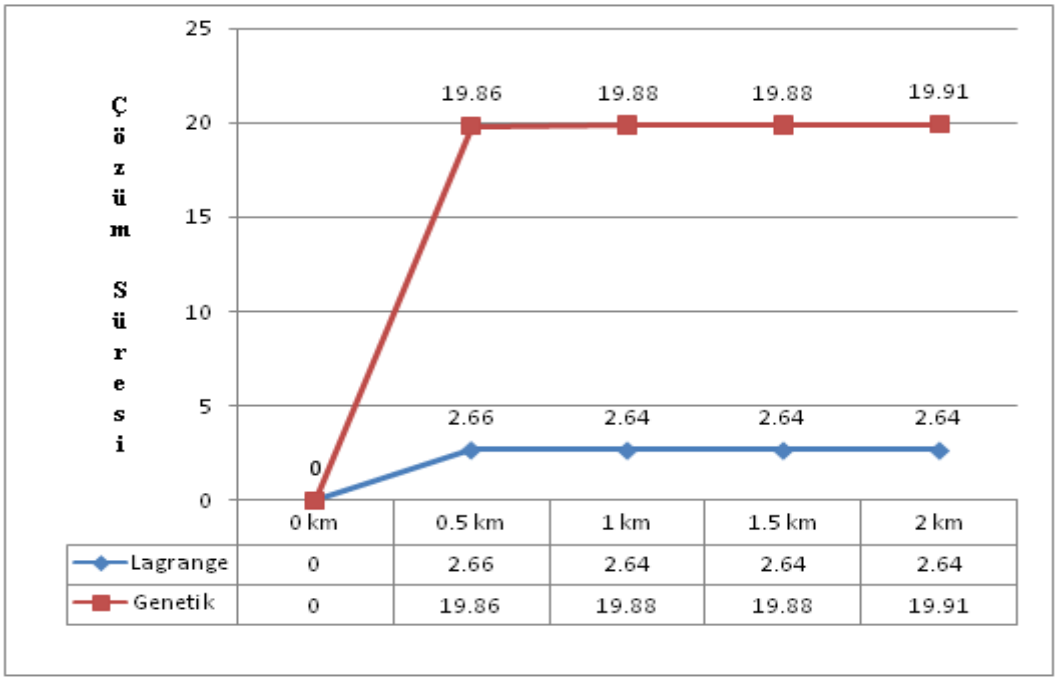
Şekil 4.10'da Dc=1 km için toplanma merkezlerinin sayısı birden başlanarak kademeli olarak arttırıldığında hem Lagrange Çarpanları hem de Genetik Algoritma yaklaşımlarında kapsama oranının arttığı görülmektedir. Ancak Dc=1 km için Yaralı Toplanma Merkezlerinin sayısının artırılmasında Genetik Algoritma yönteminin afet anında daha çok talebe cevap vereceği karşılaştırma sonucu görülmektedir.

Şekil 4.11. Dc=2 km için Yaralı Toplanma Merkezi Sayısına Bağlı Karşılaştırma



Şekil 4.11'de Dc=2 km için toplanma merkezlerinin sayısı kademeli arttırıldığında her iki optimizasyon yönteminde de kapsama oranının belirgin ölçüde arttığı görülmektedir. Fakat Dc=2 km için toplanma merkezlerinin sayısında Genetik Algoritma yöntemi 4. merkezden 8. merkeze kadar sürekli % 99.48 kapsama oranında kalırken Lagrange Çarpanları yönteminde 4. merkezden 9. merkeze kadar % 99.44 kapsama oranında kalmaktadır. Bu karşılaştırmadan Dc =2 km kapsama mesafesi için Genetik Algoritma yönteminin afetzedeleri kapsama oranı bakımından Lagrange Çarpanları yöntemine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

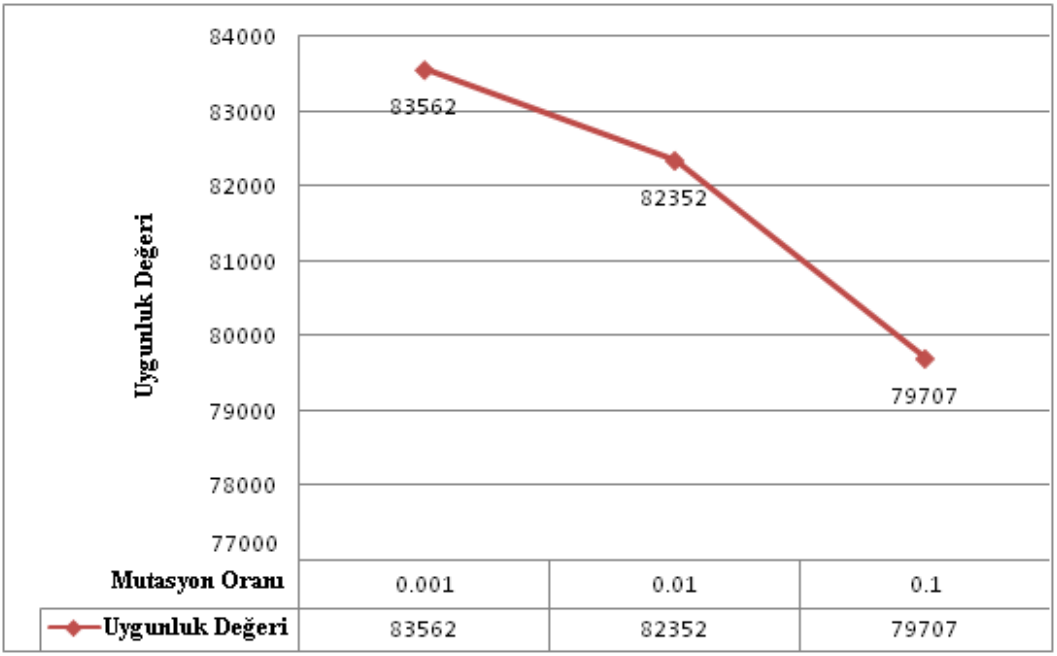
Şekil 4.12. Değişen Dc için Çözüm Süresine Bağlı Karşılaştırma



Şekil 4.12 değişken kapsama mesafesi için Lagrange Çarpanları ve Genetik Algoritma yaklaşımlarını çözüm süresine göre karşılaştırmaktadır. Lagrange Çarpanları yaklaşımın 0.5, 1, 1.5 ve 2 km kapsama mesafelerinin her biri için analizi tekrarlandığında Genetik Algoritma yaklaşımına göre 17.20 sn ile 17.27 sn arasında değişen çözüm süresi farklılığıyla daha kısa zamanda modeli çözebildiği anlaşılmaktadır.

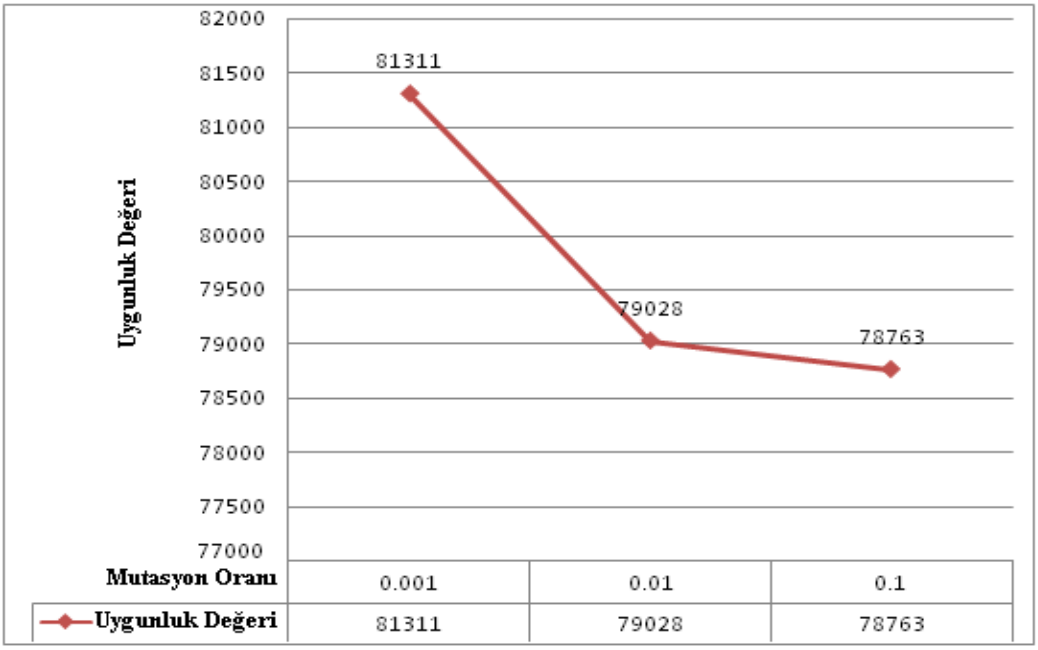
Yaralı Toplanma Merkezlerinin optimum yerleştirilmesine yönelik Lagrange Çarpanları ve Genetik Algoritma yaklaşımlarının kıyaslandığı tablo ve şekiller geçmiş kısımda verilmiştir. Gelen şekiller, Genetik Algoritma yöntemi ile çalışmanın problemi çözümlenirken kullanılan parametrelerin değişmesinden dolayı sonuçların nasıl etkilendiği ile ilgilidir.

Şekil 4.13. Dc=1 km için Mutasyon Oranına Bağlı Uygunluk Değerleri



Şekil 4.13 kapsama mesafesi 1 km alınarak Genetik Algoritma yaklaşımı ile model analiz edilirken mutasyon oranı parametresini 0.001 ile 0.1 arasında her defasında %10 büyüterek analiz tekrarlandığında modelin uygunluk değerinin 83562 ile 79707 arasında azalarak değiştiği görülmektedir. Bu azalma amaç fonksiyonun minimizasyonu açısından istenen bir durumdur. Mutasyon oranı olarak 0.1 oranının kullanılması gerekliliği Şekil 4.13'deki karşılaştırmadan anlaşılmaktadır.

Şekil 4.14. Dc=2 km için Mutasyon Oranına Bağlı Uygunluk Değerleri



Şekil 4.14 kapsama mesafesi 2 km için Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak model çözümlendiğinde mutasyon oranı değerini 0.001 ile 0.1 arasındaki değerler ile her uygulamada %10 arttırıldığında modelin uygunluk değerinin 81311 ile 78763 arasında azalarak değiştiği görülmektedir. Bu azalma Yaralı Toplanma Merkezlerinin optimum yerleştirilmesinde istenen bir durumdur. Mutasyon oranı olarak 2 km için de 0.1 oranı kullanılması gerekliliği anlaşılmaktadır.

5. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Felaketlerin yıkıcılığı kadar sonrasında hayatta kalma ve daha az can kaybı için afet planlamasına dâhil olan ilk yardım hizmetlerinin afetlerde hayati bir önemi vardır. Planlamanın başarılı olması için afetlerin türü ve büyüklüğüne göre önceden ilk yardım tesislerinin yerleri ayrıntılı hesaplamalarla belirlenmelidir. Bu çalışmada olası bir afet durumunda Düzce ili merkez ilçeye bağlı 56 yerleşim biriminde kurulması planlanan üç Yaralı Toplanma Merkezinin optimum yerleştirilmesi geleneksel ve geleneksel olmayan optimizasyon yöntemleri ile analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılarak optimum yerleştirme yapılmıştır.

Düzce merkez ilçedeki Yaralı Toplanma Merkezlerinin yerleşimi için oluşturulan P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli, geleneksel optimizasyon yöntemlerinden Lagrange Çarpanları ve geleneksel olmayan optimizasyon yöntemlerinden Genetik Algoritma ile çözümlendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Yetkililerle yapılan görüşmeler neticesinde, Düzce merkez ilçedeki 56 yerleşim birimi için 7 bağımsız değişken ve 10 kısıt ile oluşturulan P-Medyan Tesis Yerleştirme Modelinin analizinden elde edilen sonuçlar anlamlı bulunmuştur.

- Yaralı Toplanma Merkezlerinin (YTM) optimum yerleştirilmesinde kullanılan modelin Lagrange Çarpanları ve Genetik Algoritma yöntemleri ile ayrı ayrı analizinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, benzer ve farklı yönler ortaya konmuştur.

- Yaralı Toplanma Merkezlerinin optimum konuşlandırılması modelinin analizi ile çözümü aranırken yerel optimum değere takılmadan istenen çözüme (global

çözüm) ulaşmak için Lagrange Çarpanları metodundaki μ katsayısı kullanılmıştır.

- Düzce merkez ilçe yerleşim bölgesinin alanı yaklaşık 100 km^2 dir. Bu alan içindeki 56 yerleşim birimi arasından optimum fayda temin edecek şekilde üç Yaralı Toplanma Merkezinin konumları geleneksel ve geleneksel olmayan optimizasyon yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir.

- Aday Yaralı Toplanma Merkezleri ile yerleşim birimleri arasındaki mesafe büyüdükçe kapsanan nüfusun arttığı görülmüştür.

- Oluşturulan model Lagrange Çarpanları ve Genetik Algoritma yöntemleri ile analiz edilmiş, sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür. Bu durum, modelin uygulandığı bölge alanının ve yerleşim birimleri arası mesafenin küçük olduğundandır.

- Kapsama mesafesi 1 km ve üç toplanma merkezi konuşlandırma şartı ile P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli geleneksel optimizasyon metotlarından Lagrange Çarpanları yöntemi ile analiz edildiğinde Düzce merkez nüfusu olan 143018 kişinin % 90.586' sı yani 129546 kişinin talebi 28 (Kültür), 37 (Sallar) ve 48 (Çamköy) nolu toplanma merkezleri ile karşılanmıştır. Fakat 16 yerleşim biriminin yani 13472 kişinin talebi karşılanamamıştır.

- Kapsama mesafesi 2 km için Lagrange Çarpanları yöntemi ile üç Yaralı Toplanma Merkezinin konuşlandırılması analizi yapıldığında Düzce merkez nüfusunun % 99.44' ü yani 142217 kişinin talebi 28 (Kültür), 37 (Sallar) ve 48 (Çamköy) Toplanma Merkezleri ile karşılanmıştır. Bir yerleşim biriminin (Kemal Işıldak) yani 800 kişinin talebi karşılanamamıştır.

- Düzce merkeze bağlı 56 yerleşim birimi için 1 km kapsama mesafesi ve üç Yaralı Toplanma Merkezi konuşlandırma şartı ile p-medyan modeli geleneksel olmayan optimizasyon metotlarından Genetik Algoritma ile çözümlendiğinde Düzce merkez nüfusu olan 143018 kişinin % 92.97' si yani 132963 kişinin talebi Bayram

Gökmen, Bahçelievler ve Kültür Yaralı Toplanma Merkezleri ile karşılanmıştır. 13 yerleşim biriminin yani 10055 kişinin talebi karşılanamamıştır.

- Kapsama uzaklığı 2 km ve üç toplanma merkezi için konuşlandırma Yapay Zekâ Optimizasyon Yöntemlerinden Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak analiz edildiğinde Düzce merkez nüfusunun % 99.46'sı yani 142245 kişinin talebi Bayram Gökmen, Bahçelievler ve Kültür Yaralı Toplanma Merkezleri ile karşılanmıştır. Bir yerleşim biriminin (Soğukpınar) yani 773 kişinin talebi karşılanamamıştır.

- Modelin makul kapsama mesafesini değiştirerek analiz Lagrange Çarpanları ve Genetik Algoritma ile tekrarlandığında 0.5 km için Lagrange Çarpanları yönteminin Genetik Algoritma yöntemine göre % 3.97 kapsama oranı ile daha yüksek olduğu ancak 1, 1.5 ve 2 km için analiz her iki yöntemle tekrarlandığında afetzedeleri kapsama oranının Genetik Algoritma yönteminin Lagrange Çarpanları yöntemine göre daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kapsama mesafesi 1 km için Yaralı Toplanma Merkezlerinin sayısı birden başlanarak kademeli olarak arttırıldığında hem Lagrange Çarpanları hem de Genetik Algoritma yönteminde kapsama oranının arttığı ancak bu artışta Genetik Algoritma yönteminin afet anında daha çok talebe cevap verdiği görülmüştür.

- H_1'de ifade edilen "Yaralı toplanma merkezleri ile yerleşim birimleri arası kapsama mesafesi arttıkça toplam kapsanan afetzede oranı artar." hipotezi doğrudur. Kapsama mesafesi 1 kilometreden 2 kilometreye çıkartıldığında toplam talebin karşılanma oranı Lagrange Çarpanları yönteminde % 90.58 den % 99.44'e yükselmiştir. Model Genetik Algoritma yöntemi ile analiz edildiğinde de kapsama mesafesi 1 kilometreden 2 kilometreye çıktığında toplam talebin karşılanma oranı % 92.97'den % 99.46'ya yükselmiştir.

- H_2'de ifade edilen "Yerleşim birimlerinin AFAD koordine merkezine olan uzaklıkları yaralı toplanma merkezi olarak atanmalarını etkiler." hipotezi doğrudur. Lagrange Çarpanları yöntemi ile yapılan Yaralı Toplanma Merkezlerinin Yerleştirilmesinde kapsama mesafesi 1 ve 2 km için atanan

merkezler incelendiğinde Sallar yerleşim biriminin toplanma merkezi olarak atandığını ve optimum yerleştirme Genetik algoritma ile yapıldığında da 1 ve 2 km için atanan merkezler arasında Bahçelievler Yaralı Toplanma Merkezinin atandığı görülmektedir. Her iki yaralı toplanma merkezinin ortak özelliği AFAD koordine merkezine 1 km den daha az mesafede bulunmasıdır.

- H_3'de ifade edilen "Yerleşim birimlerinin sağlık kuruluşlarına olan uzaklıkları yaralı toplanma merkezi olarak atanmalarını etkiler." hipotezi doğrudur. Lagrange çarpanları yöntemi ile yapılan Yaralı Toplanma Merkezlerinin Yerleştirilmesinde kapsama mesafesi 1 ve 2 km için analiz sonuçları incelendiğinde Kültür ve Çamköy ve çalışmanın modeli Genetik algoritma ile analiz edildiğinde de Bayram Gökmen ve Kültür Yaralı Toplanma Merkezlerinin atandığı görülmektedir. Bu dört merkezin ortak özelliği sağlık kuruluşlarına 2 km ve daha yakın olmasıdır.

- H_4'te ifade edilen "Yerleşim birimlerinin ana yollara olan uzaklıkları yaralı toplanma merkezi olarak atanmalarını etkiler." hipotezi doğrudur. Yaralı toplanma merkezlerinin yerleştirilmesi modeli kapsama mesafesi 1 ve 2 km için Lagrange Çarpanları yöntemi ile analiz edildiğinde Kültür, Sallar ve Çamköy, çalışmanın modeli Genetik Algoritma yöntemi ile analiz edildiğinde de Bayaram Gökmen ve Kültür Yaralı Toplanma Merkezlerinin atandığı görülmektedir. Bu beş merkezin ortak özelliği şehirlerarası ana yollara yakınlıklarının 0.5 km den daha az olduğudur.

- H_5'te ifade edilen "Yerleşim birimlerinin nüfusu yaralı toplanma merkezi olarak atanmalarını etkiler." hipotezi doğrudur. Düzce Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması Modeli 1 ve 2 km için Lagarange Çarpanları ve Genetik Algoritma yöntemleri ile ayrı ayrı analiz edildiğinde atanan Yaralı Toplanma Merkezleri arasında Bahçelievler ve Kültür Yaralı Toplanma Merkezlerinin bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu iki merkezin ortak özelliği nüfuslarının ortalama yerleşim birimi nüfusu olan 2553 kişiden daha fazla olmasıdır.

Çalışmanın özgün değeri, yerli literatür çalışmalarından (Kulluk ve Türkbey, 2004; Darende, 2009; Çakar, 2009; Gülsün ve diğ., 2009; Gözaydın ve Can, 2013;

Şağbanşua, 2014) seçilen modelin analizinde kullanılan optimizasyon yönteminin ve uygulama sahasının farklılığı gibi konularda değişiklik göstermesidir.

Aynı şekilde çalışma yabancı literatürle (Berlin ve diğ., 1976; Ceselli, 2003; Dessouky, 2005; Beltran ve diğ., 2007; Menghao ve diğ., 2013; Bendik 2014) karşılaştırıldığında özgün değer, amaçlar, seçilen optimizasyon yöntemleri ve analizde kullanılan yazılım gibi yönlerden benzerlikler göstermektedir. Ancak çalışma; geleneksel ve olmayan optimizasyon yöntemlerinin birlikte kullanılması, konuşlandırılacak tesisler olarak acil yardım kurumlarının seçilmesi, modelin analizinde kullanılan yazılım, amaç fonksiyonundaki değişkenlerin yapısı gibi yönlerden farklılık göstemektedir.

Yukarıda ifade edilen sonuçlardan anlaşılacağı üzere Düzce merkez ilçe dâhilindeki 56 yerleşim birimi arasından optimum fayda sağlayacak şekilde seçilecek üç Yaralı Toplanma Merkezinin Konuşlandırılmasında Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak yapılan optimizasyon analizinin Lagrange Çarpanları yöntemine göre daha mâkul sonuçlar verdiği görülmüştür.

Yapılan tüm analizler sonucunda Düzce merkez ilçede ikâmet eden 143018 kişiden 142246 kişinin afet anındaki talebinin 2 km kapsama mesafesi kullanılarak Genetik Algoritma optimizasyon yöntemi ile Bayram Gökmen, Bahçelievler ve Kültür Yaralı Toplanma Merkezleri ile karşılanabileceği bulunmuştur.

5.2. Öneriler

Tesis yeri Seçim Problemleri, üzerinde çalışılan eski bir alan olmakla beraber günümüzde hâlâ değişik şartlar ve farklı sistemlerin optimum yerleşimi üzerine çalışmalar sürmektedir. Birçok deterministik, stokastik ve simulasyon modelleri ortaya konmuştur. Son çalışmalarda daha çok şartların belirsizliği, modellerin büyüklüğü ve karmaşıklığına bağlı olarak çözümündeki zorluklar da düşünülerek geleneksel olmayan metotların kullanımı yaygınlaşmıştır. Çalışmada geleneksel ve geleneksel olmayan yöntemler birbirinden bağımsız olarak modelin analizinde kullanılmış ve optimum konuşlandırma her iki yöntem ile yapılmıştır. Bundan sonra

yapılan çalışmalarda dikkate alınabilecek yönetimsel ve akademik öneriler gelen başlıklarda verilmiştir.

5.2.1. Yönetimsel Öneriler

- Toplanma merkezlerinin yerleşim birimleri ve birbirleri ile haberleşme sistemi hakkında çalışmalar yapılabilir.

- Modelin uygulandığı yerleşim bölgesi halkının yaralı toplanma merkezlerinin nerelere konuşlanacağını ve hangi yerleşim birimlerinin hangi merkezlere yönlendirildiğini bilmeleri konusunda çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalarda muhtarlıklardan ve belediyelerden önemli ölçüde faydalanılabilir.

- Türkiye doğal afetlerle sık sık karşılaştığından Düzce il merkezi için tasarlanan Yaralı Toplanma Merkezlerinin konuşlandırılması Modeli Türkiye Cumhuriyeti'nin diğer illerine veya bölgelerine uygulanırken önerilen modelin değişkenlerinde veya kısıtlarında bölgenin yapısına göre değişiklikler yaparak benzer merkez veya tesislerin optimum yerleştirilmeleri sağlanabilir.

- Yurtdışında afetler sonrasında can kaybını en aza indirmek için ne tür ilk yardım tesislerinin kurulduğu incelenmeli ve yaralı toplanma merkezlerinin işlevleri bu doğrultuda geliştirilebilir.

- Yaralı Toplanma Merkezlerinin sayıları, konumları, lojistik malzemeleri ve personeli afetlerin türüne göre değişeceğinden bu unsurlar dikkate alınarak yaralı toplanma merkezleri sınıflandırılabilir.

- Yaralı toplanma merkezlerinin yaralı toplama noktalarına göre daha kapsamlı olduğu düşünüldüğünde bu tür tesislerde görev yapacak doktor, hemşire, sağlık memuru, arama kurtarma ve AFAD görevlisi gibi personelin uygun dağılımı dikkate alınabilir.

5.2.2. Akademik Öneriler

- Yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılması için oluşturulan modele kuruluş maliyeti, afetzedelerin merkezlere ulaştırılma zamanı ve merkezdeki personel türü ve sayısı gibi değişkenler eklenebilir.

- Yaralı toplanma merkezlerinin konuşlandırılması modelinde aday merkezler sınırsız kapasiteli kabul edilmiştir ancak kapasite sınırı konulabilir.

- Yerleşim birimlerinin yaralı toplanma merkezlerine olan uzaklıkları düzlem üzerinde öklidyen olarak hesaplamış ancak bölgenin yapısı düşünülerek ulaşıma bağlı mesafeler dikkate alınabilir.

- Yaralı Toplanma Merkezlerinin konuşlandırılması modeli Lagrange Çarpanları ve Genetik Algoritma optimizasyon yöntemleri ile analiz edilmiştir ancak farklı optimizasyon yöntemleri kullanılarak da analiz edilebilir.

- Yaralı Toplanma Merkezlerinin konuşlandırılması modelinde kapsama mesafeleri 1 ve 2 km alınarak analizler gerçekleştirilmiş ancak bu kapsama mesafeleri modelin uygulandığı bölgenin yapısına göre kademeli olarak değiştirilebilir.

- Yaralı Toplanma Merkezlerinin Optimum Konuşlandırılması Modeli P-Medyan Tesis Yerleştirme Problemi olarak kabul edilmiş ancak aynı problem Maksimum Kapsama, Küme Kapsama ve P-Merkez Problemi olarak da tasarlanıp geleneksel ve geleneksel olmayan yöntemler ile analiz edilebilir.

Yukarıda sıralanan yönetimsel ve akademik öneriler birlikte düşünüldüğünde yaralı toplanma merkezlerinin afet anında ve hemen sonrasında bölge halkının can kaybını en aza indirmesi bakımından ne derece önemli olduğu anlaşılmaktadır.

6. KAYNAKÇA

Akdur, R., (1998). Afetler ve Afetlere Karşı Alınacak Önlemler, Halk Sağlığı, Antıp A.Ş. Yayınları, Ankara.

Albareda, M. S. , Hinojosa, Y. and Puerto, J., (2015). The Reliable P-Median Problem with at-Facility Service, *European journal of Operational Research*, 245, 656–666

Almehdawe, E., Jewkes, B. and He, Q. (2013). A Markovian Queueing Model for Ambulance off Load Delays, *European Journal of Operational Research*, 226, 602–614

Alp, O., Erkut, E. and Drezner, Z. (2003). An Efficient Genetic Algorithm for The P-Median Problem, *Annals of Operations Research*, Vol.122, No:1–4, 21–42

An, Y., Zeng, B., Zhang, Y. and Zhao, L. (2014). Reliable P-Median Facility Location Problem: Two-Stage Robust Models and Algorithms, *Transportation Research*, Part B, 64, 54–72

Antoniou, A., Lu, W. (2007). *Practical Optimization: Algorithms and Engineering Applications*, Springer Science and Business Media, New York.

Arroyo, J. E. C., Soares, M. S. and Santos, P. M. (2010). A Grasp Heuristic with Path-Relinking for a Bi-Objective P-Median Problem, *10th International Conference on Hybrid Intelligent Systems*, Atlanta, USA, 97–102

Atan, S. (2015). files.figshare.com/1449999/Nonlineerprogramming, Erişim tarihi: 20.05.2015

Ayan, T. Y. (2008). Sabit Maliyetli Ulaştırma Problemi için Bir Genetik Algoritma, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10 / 1, 97 – 116

Aygün, S. (2014). Ana Dağıtım Üssü Yer Seçim Problemleri ve Bir Kamu Kurumu için Gerçek Bir Ana Dağıtım Üssü Yer Seçim Problemi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Bal, H. (1995). *Optimizasyon Teknikleri*, Gazi Üniversitesi Yayınları, Ankara.

Ballı, H. (2014). *Bulanık Doğrusal Programlama Modeli ile Bir Kamu Kurumu için Tesis Yeri Seçimi*, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Banzhaf, W., Nordin, P., Keller, R.E. and Francone, F.D. (1998). *Genetic Programming: An Introduction*, Morgan Kaufman Publishers, Inc, San Francisco, California.

Baray, Ş. A. ve Esnaf, Ş. (2000). Taha, H. *Yöneylem Araştırması*, 6. Basımdan Çeviri, Literatür Yayınları: 43, İstanbul.

Baray, J. and Cliquet, G. (2013). Optimizing Locations Through A Maximum Covering/P-Median Hierarchical Model: Maternity Hospitals in France, *Journal of Business Research*, 66, 127–132

Bastı, M. (2012). P-Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi ve Çözüm Yaklaşımları, *Online Academic Journal of Information Technology*, 47–75

Beğen, N. N. (2002). *Optımum Locatıons of Landfills and Transfer Statıons in Solıd Waste Management*, The Department of Industrial Engineering and The Institute of Engineering and Science of Bilkent University.

Beltran, C., Ayuso, A.A. ve Vial, J. P. (2007). Solving The Uncapacitated Facility Location Problem with Semi-Lagrangian Relaxation, *Computational Optimization And Applications*, 4–29

Bendik, J. (2014). Solving The P-Median Location Problem with The Erlenkotter Approach in Public Service System, *Design Faculty of Management Science and Informatics, University of Zilina* 8215/1, 25–33

Berlin, G., ReVelle, C. and Elzinga, J. (1976). Determining Ambulance-Hospital Locations for on-Scene and Hospital Services. *Environment and Planning A 8*, 553–561.

Berman, O. and Drezner, Z. (2008). A New Formulation for The Conditional P-Median and P-Center Problems, *Operations Research Letters*, 36, 481–483

Bertsimas, D. and Tsitsiklis, J.(1997). *Introduction to Linear Optimization*, Athena Scientific.

Bolat, B., Erol, O. K. ve İmsak, E. C. (2004), Mühendislik uygulamalarında Genetik Algoritma ve Operatörlerin İşlevleri, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Sigma 2004/4, 264–271

Cadenas, J.M. , Cano´ s, M.J., Garrido, M.C. , Ivorra, C. and Liern, V. (2011). Soft-Computing Based Heuristics for Location on Networks: The P-Median Problem, *Applied Soft Computing*, 11, 1540–1547

Carbone, R. (1974). Public Facility Location under Stochastic Demand, *infor,* 12,(3), 261- 270

Carling, K., Han, M., Håkansson, J. and Rebreyend, P. (2015). Testing The Gravity P-Median Model Empirically, *Operations Research Perspectives*, 2, 124–132

Carson, Y. and Batta, R. (1990). Locating an Ambulance on The Amherst Campus of The State University of New York At Buffalo, *Interfaces*, 20, 43–49.

Ceselli, A. (2003). Two Exact Algorithms for the Capacitated P-Median Problem, *Quarterly Journal of the Belgian, French and Italian Operations Research Societies*, 1, 4, 319–340.

Church, R., ReVelle, C. (1974). The Maximal Covering Location Problem, *Papers in Regional Science* 32 (1), 101–118

Cornuejols, G., Fisher, M.L. and Nemhauser, G.L. (1977). Location of Bank Accounts to Optimise Float: an Analytic Study of Exact and Approximate Algorithms, *Management Science*, Vol.23, No:8, 789–810

Correıa, I., Nickel, S. ve Saldanha-da-Gama, F. (2009). Single-Assignment Hub Location Problems with Capacity Choice, CIO − *Working Paper* 9/2009, 4–27

Crainic, T.G and Toulouse, M. (2009). Parallel Meta-heuristics, *Cırrelt–2009*–22, 3–51

Current, j., Daskin, M.S. ve Schilling, D. (2001). Discrete Network Location Model, in Facility Location: Applications and Theory, Z. Drezner and H.W. Hamacher (Ed.), *Springer-Verlag*, 83–120

Çakar, K. (2009) . *Genetik Algoritma Yardımıyla Acil Servis İstasyonu Yerleşim Optimizasyonu*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.

Çayıroğlu, İ. (2015). İleri Algoritma Analizi Tabu Arama Algoritması, Karabük Üniversitesi, *Mühendislik Fakültesi*, http://www.ibrahim cayiroglu.com/Dokumanlar/ IleriAlgoritmaAnalizi/IleriAlgoritmaAnalizi–9.Hafta-TabuAramaAlgoritmasi.pdf, Erişim tarihi: 01. 09. 2015

Dantrakul, S. , Likasiri, C. And Pongvuthithum, R. (2014). Applied P-Median and P-Center Algorithms for Facility Location Problems, *Expert Systems with Applications*, 41, 3596–3604

Darende, B. (2009). *Tesis Yer Seçimi ile Deprem Durumunda Yaralı Toplama Noktalarının Modellenmesi*, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi İstatistik Anabilim dalı, Ankara.

Daskin, M.S. (1995). Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Dengiz, B. ve Altıparmak, F. (1998). Genetik Algoritmalara Genel bir Giriş, *Endüstri mühendisliği Dergisi,* Cilt:9, Sayı:3, 3–14

Dessouky, M., Jia, H., Ordone, F.ve Epstein, D. J. (2005). A Modeling Framework for Facility Location of Medical Services for Large-Scale Emergencies, *Department of Industrial and Systems Engineering*, University of Southern California, Los Angeles, 1–30

Drezner, T., Drezner, Z., and Salhi, S., (2005). A Multi-Objective Heuristic Approach for The Casualty Collection Points Location Problem, *Journal of the Operational Research Society*, 727–734

Drezner, Z., Brimberg, J., Mladenović, N. and Salhi, S. (2015). New Heuristic Algorithms for Solving the Planar P-Median Problem, *Computers operations Research*, 62, 296–304

Durak, İ. ve Yıldız, M. S. (2015). P- Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi: Bir Uygulama, *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, C:7, S:2, s. 43–64

Emel, G. G., Taşkın, Ç. (2002). Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları, *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* Cilt. 11, Sayı:1, 129–152

Engelbrecht, A. P. (2007). *Computational Intelligence*, John Wiley & Sons Inc., Second Edition.

Eray, Ö. (2013). *Direkt Arama Tekniği İle karayolu Düşey Eksen Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Fleszar, K. and Hindi, K.S. (2008). An Effective VNS for the Capacitated P-Median Problem, *European Journal of Operational Research*, 191, 612–622

Goldberg, D. E. (1992). Sizing Populations for Serial and Paralel Genetic Algorithms, Derl.: Bill P.Buckles and Frederick E. Petry, Washington: IEEE Computer Society Press, *Technology Series*, 20-29

Gözaydın, O. ve Can, T. (2013). Deprem Yardım İstasyonları için lojistik Merkezi Seçimi: Türkiye Örneği, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, Cilt 6, sayı 2, 17–31

Güden, H., Vakvak, B., Özkan, B.E., Altıparmak, F., Dengiz, B.,(2005). Genel Amaçlı Arama Algoritmaları ile Benzetim En iyilemesi: En İyi Kanban Sayısının Bulunması, *Endüstri mühendisliği Dergisi*, Cilt:16, Sayı:1, 2–15

Gülsün, B., Tuzkaya, G.ve Duman, C. (2009). Genetik Algoritmalar ile Tesis Yerleşimi Tasarımı ve Bir Uygulama, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 73–87

Hâkimi, S.L. (1964). Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems, *Operations Research* Vol.13, No:3, 462–475

Haupt, R. L. and Haupt, S. E. (2004). *Practical Genetic Algorithms*, New Jersey: Second edition, Jhon Wiley and Sons Inc.

Jamshidi, M. (2009). Median Location Problem, Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies, Ed. by. R.Z. Farahani and M. Hekmatfar, *Physica- Verlag Heidelberg*, 177–191

Kahvecioğlu, A. (2004). Onarılabilir Elemanlara Önleyici Bakımın Etkisi ve Optimizasyonu, *Mühendis ve Makine*, Cilt.45, Sayı: 531, 43–51

Kariv, O. and Hâkimi, S. L. (1979). An Algorithmic Approach to Network Location Problems: Part 2. The p-medians, *SIAM Journal on Applied Mathematics*, Vol.37, No:3, 539–560

Koza, J. R. (1995). Two Ways of Discovering The Size and Shape of a Computer Program to Solve a Problem, *Proceedings of the Sixth International Conference on Genetic Algorithm*, 287–294

Köchel, P. (1996). On Queueing Models for Some Multi-Location Problems, *Int. J. Production Economics*, 45, 429–433

Kuehn, A.A. & Hamburger, M.J. (1963). A Heuristic Program for Locating Warehouses, *Management Science*, Vol.9, 4, 643–666.

Kulluk, S. ve Türkbey, O. (2004). Tesis Yerleşimi Problemi için bir Genetik Algoritma, *Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi,* 15–18

Kumru, M., Yenersoy, G. (2009). *İtfaiye İstasyonları Yer Seçim Projesi,* Doğuş Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Tarafından Hazırlanan Projem İstanbul Araştırma Projesi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi

Kurt, M. ve Semetay, C., (2001). Genetik Algoritma ve Uygulama Alanları, http://www.yapay-zekâ.org/modules/wiwimod/index.php?page=GA, Erişim tarihi: 06.07.2015

Küçükdeniz, T. (2009). *Sürü Zekâsı Optimizasyon Tekniği ve Tedarik Zinciri Yönetiminde Bir Uygulama*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.

Lim, G.J., Reese, J. ve Holder, A. (2008). Fast and Robust Techniques for The Euclidean P-Median Problem with Uniform Weights, *Computers & Industrial Engineering,* Vol.57, No:3, 896–905

Lourenço, H.R., Martin, O.C. ve Stützle, T. (2003). *Iterated Local Search,* Glover et al. (eds) Handbook of Metaheuristics, Kluwer Academic Publishers.

Manne, A. (1964). Plant Location under Economies of Scale - Decentralization and Computation, *Management Science,* Vol.11, 2, 213–235.

Mendes, M. J. J., Gonçalves, J. F. ve Resende, M. G. C. (2005). Random Key Based Genetic Algorithm for The Resource Constrained Project Scheduling Problem, *AT&T Labs Research Technical Report*, 1–19

Menghao, X., Feng, Y., Zhong, Y., and Qiuhong, Z. (2013), A Modified P-Median Model for the Emergency Facilities Location Problem and Its Variable Neighbourhood Search-Based Algorithm, *Hindawi Publishing Corporation Journal of Applied Mathematics,* 1–10

Mirchandani, P.B. (1982). Probabilistic Demands and Costs in Facility Location Problems, *Environment and Planning A*, vol. 14, 917–932

Mitchell, M. (1999). *An Introduction to Genetic Algorithms,* Massachusetts Institute of Technology, USA.

Mitchell, M. ve Taylor, C. E. (1999). Evolutionary Computations: An Overview, *Annual Review of Ecology ad Systematics*, 30, 593–616

Mori, M. ve Tseng, C. C. (1997). A Genetic Algorithm For Multi-Mode Resource Constrained Project Scheduling Problem, *European Journal of Operational Research,* Volume 100, No. 1, 134–141

Nearchou, A. C. (1998). Path Planning of Mobile Robot Using Genetic Heuristics, Robotica, *Cambridge University Pres*, Vol.16, 575–588

Nocedal, J., Wright, S.J. (2006). *Numerical Optimization,* Springer Science Business Media, LLC, Second Edition.

Onan, A. (2013). Metasezgisel Yöntemler ve Uygulama Alanları, *Çukurova Üniversitesi İ.İ.B.F Dregisi*, Cilt 17 Sayı 2, 113–128

Özder, U. (2009). Kobilerde Otomasyona Geçiş Sürecinde Tamsayılı Doğrusal Programlama Yöntemini Kullanarak Karar Verme, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.

Özger, A., Oktal, H. (2013). Tek Atamalı Ana Dağıtım Üssü Yerleşim Problemine Yeni Bir Yaklaşım ve Hava Kargo Uygulaması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* Cilt 19, Sayı 2, 68–75

Paksoy, S. (2007). *Genetik Algoritma ile Proje Çizelgeleme*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

Paluzzi, M. (2004). http://ir.knust.edu.gh/bitstream/123456789/6675/3/francis%20kwarteng%20%203.pdf, Erişim tarihi: 01.09.2015

Pelikan, M., Sastry, K. ve Cantu-Paz, E., (2006). *Scalable Optimization via Probabilistic Modeling*, Springer-Verlag, Berlin.

Rao, S. S. (1996). *Engineering Optimization: Theory and Practice*, John Wiley&SonsInc., Third Edition, New York.

ReVelle, C., Bigman, D., Schilling, D., Cohon, J., and Church, R., (1977). Facility Location: A Review Of Context-Free And EMS Models, *Health Services Research,* 12, 129–146

ReVelle, C. ve Swain, R. (1970). Central Facilities Location, *Geographical Analysis*, Vol.2, No:1, 30–42.

Rini, D. P., Shamsuddin, S. M., Yuhaniz, S. S. (2011). Particle Swarm Optimization: Technique, System and Challenges, *International Journal of Computer Applications,* Volume 14, No.1, 19–27

Rothlauf, F. (2006). Representation for Genetic and Evolutionary Algorithms, Springer- Heidelberg.

Russell, S.J. ve Norvig, P. (2010). Artificial Intelligence: A Modern Approach, Pearson Education.

Sakawa, M. (2002). *Genetic Algorithms and Fuzzy Multiobjective Optimization*, Kluwer Academic Publisher, Massachusetts.

Schultz, C. H., Koenig, K. L., and Noji, E. K., (1996). A Medical Disaster Response to Reduce İmmediate Mortality after an Earthquake, *The New England Journal Of Medicine*, 334, 438–444

Serra, D. and Marianov, V. (1996). The P-Median Problem in a Changing Network: The Case of Barcelona, *Location Science* 6(1), 383–394

Shi, Y. (2004). Particle Swarm Optimization, *IEEE Neural Networks Society*, 8–13

Sivanandam, S.N.ve Deepa, S.N. (2008). *Introduction to Genetic Algorithms*, Springer Edition.

Surekha, P. and Sumathi, S. (2011). Implementatıon of Genetıc Algorıthm for a Dwt Based Image Watermarkıng Scheme, *Department of Electrical and Electronics Engineering, PSG College of Technology*, 244–252

Sule, D. R. (2001). *Logistics of Facility Location and Allocation*, Marcel Dekker, New York, US

Şağbanşua, L. (2014). Matematiksel Modelleme Tekniği ile Tesis Yerleşim Yeri Seçimi ve Ulusal Ölçekte Elazığ'ın Yeri, *Fırat Üniversitesi Harput Araştırmaları Dergisi*, Cilt: I, Sayı:2, 151–158

Takeda, R. A, Widmer, J. And Morabito, R. (2007). Analysis of Ambulance Decentralization in an Urban Emergency Medical Service Using the Hypercube Queueing Model, *Computers and Operations Research*, 34, 727–741

Talbi, E.G. (2009). Metaheuristic: from Design to Implementation, 2nd Edition, Wiley.

Ünsal, M. G. (2013). Karesel Atama Problemi için Deterministik Tavlama Benzetim Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 18, Sayı 2, 37–46

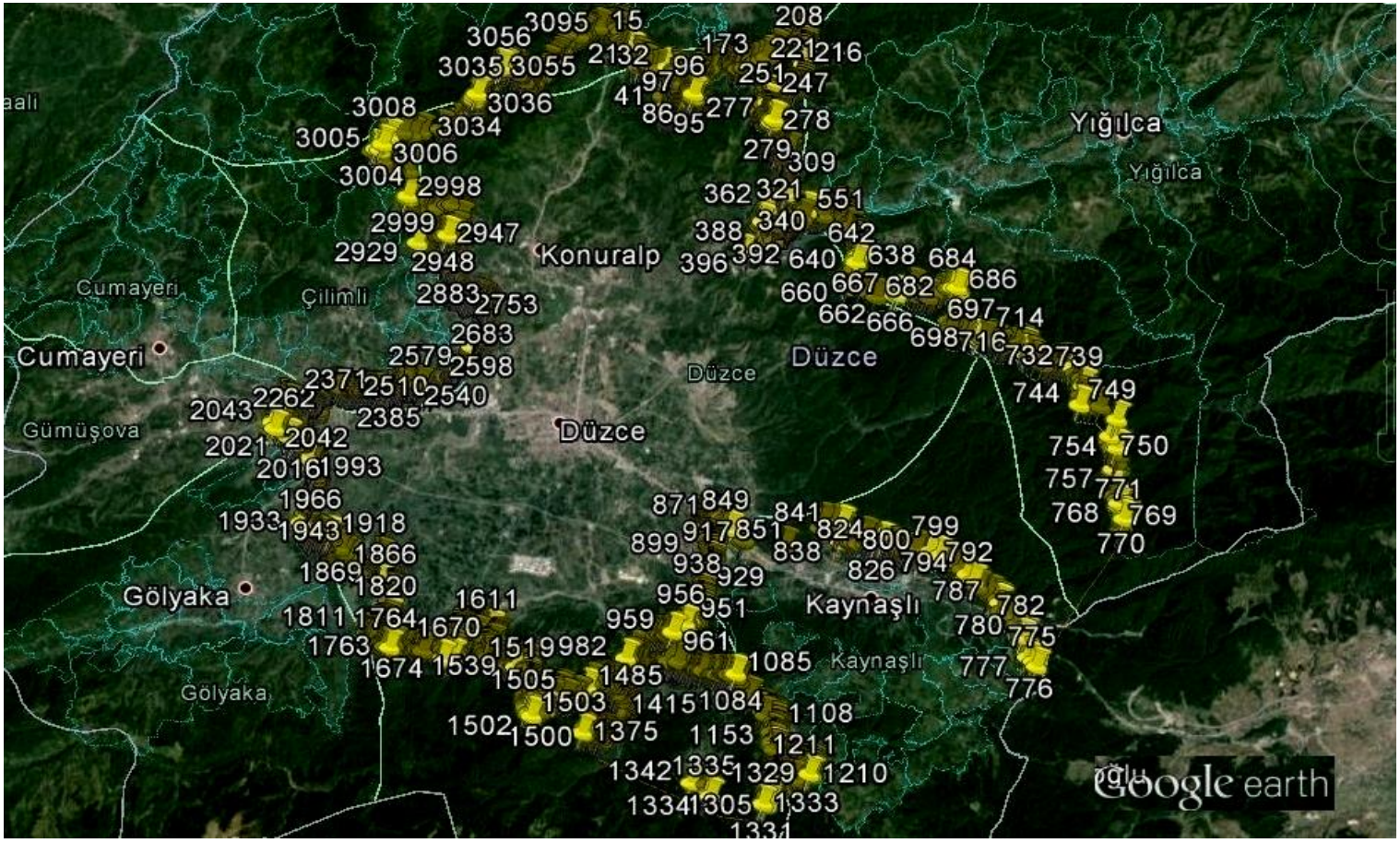
Zhigljavsky, A.ve Zilinskas, A. (2008). *Stochastic Global Optimization*, springer Science and Business Media, New York.

7. EKLER

EK 1: Harita Üzerinde Talep Noktaları Dağılımı



EK 2: Harita Üzerinde Düzce Merkez Sınırları



EK 3: İstasyonlar ve Ağırlıklar

							Demand 1 - Mahalle Nüfusları		Sağlık		Ulaşım		Merkezilik	Demand2	
							Wp=W1	Var/Yok	Ws	Var/Yok	Wu	Var/Yo	Wm	Wd=W2	Wt
1	31.085991	40.542204	1600		1	< Çiftepınarlar >	1600	0	0	1	240	0	0	240	920
2	31.083489	40.540846	1028		1	< Hüseyin kıl >	1028	1	205.6	1	154.2	0	0	359.8	693.9
3	31.083508	40.54525	763		1	< Kemal ısıldak >	763	1	152.6	1	114.45	0	0	267.05	515.025
4	31.09264	40.543183	609		1	< Murat demir >	609	1	121.8	1	91.35	0	0	213.15	411.075
5	31.083504	40.540837	724		1	< Terzi aliler >	724	1	144.8	0	0	0	0	144.8	434.4
6	31.095222	40.534435	460		1	< Bayram gökmen >	460	1	92	1	69	0	0	161	310.5
7	31.103021	40.541554	924		1	< Orhangazi >	924	1	184.8	0	0	0	0	184.8	554.4
8	31.080874	40.494361	3990		1	< Ağaköyü >	3990	1	798	0	0	0	0	798	2394
9	31.082112	40.504823	6595		1	< Aziziye >	6595	1	1319	1	989.25	0	0	2308.25	4451.625
10	31.094263	40.495707	6356		1	< Azmimilli >	6356	1	1271.2	1	953.4	0	0	2224.6	4290.3
11	31.140001	40.514705	4832		1	< Bahçelievler >	4832	0	0	0	0	1	725	725	2778.5
12	31.102558	40.513037	6682		1	< Beyciler >	6682	1	1336.4	1	1002.3	0	0	2338.7	4510.35
13	31.095372	40.503019	2406		1	< Burhaniye >	2406	1	481.2	1	360.9	0	0	842.1	1624.05
14	31.092148	40.501988	984		1	< Camiikebir >	984	1	196.8	1	147.6	0	0	344.4	664.2
15	31.095498	40.501163	3260		1	< Cedidiye >	3260	1	652	1	489	0	0	1141	2200.5
16	31.105719	40.495523	2093		1	< Cumhuriyet >	2093	1	418.6	1	313.95	0	0	732.55	1412.775
17	31.134108	40.521415	4139		1	< Çamlıevler >	4139	0	0	0	0	1	620.85	620.85	2379.925
18	31.090189	40.495799	7427		1	< Çay >	7427	1	1485.4	0	0	0	0	1485.4	4456.2
19	31.124918	40.520908	2399		1	< Demetevler >	2399	0	0	1	359.85	1	359.85	719.7	1559.35
20	31.141941	40.512966	3870		1	< Esentepe >	3870	0	0	0	0	1	580.5	580.5	2225.25
21	31.081939	40.505868	1040		1	< Fatih >	1040	1	208	1	156	0	0	364	702
22	31.103174	40.495627	3664		1	< Fevziçakmak >	3664	1	732.8	1	549.6	0	0	1282.4	2473.2
23	31.13434	40.512366	4939		1	< Güzelbahçe >	4939	0	0	1	740.85	1	740.85	1481.7	3210.35
24	31.09411	40.505856	4550		1	< Hamidiye >	4550	1	910		0	0	0	910	2730
25	31.084642	40.511834	2846		1	< Kara hacı musa >	2846	1	569.2	1	426.9	0	0	996.1	1921.05
26	31.084078	40.501586	2509		1	< Kiremit ocağı >	2509	1	501.8	1	376.35	0	0	878.15	1693.575
27	31.092074	40.512723	2591		1	< Körpeşler >	2591	1	518.2	0	0	0	0	518.2	1554.6
28	31.092196	40.503569	5954		1	< Kültür >	5954	1	1190.8	1	893.1	0	0	2083.9	4018.95

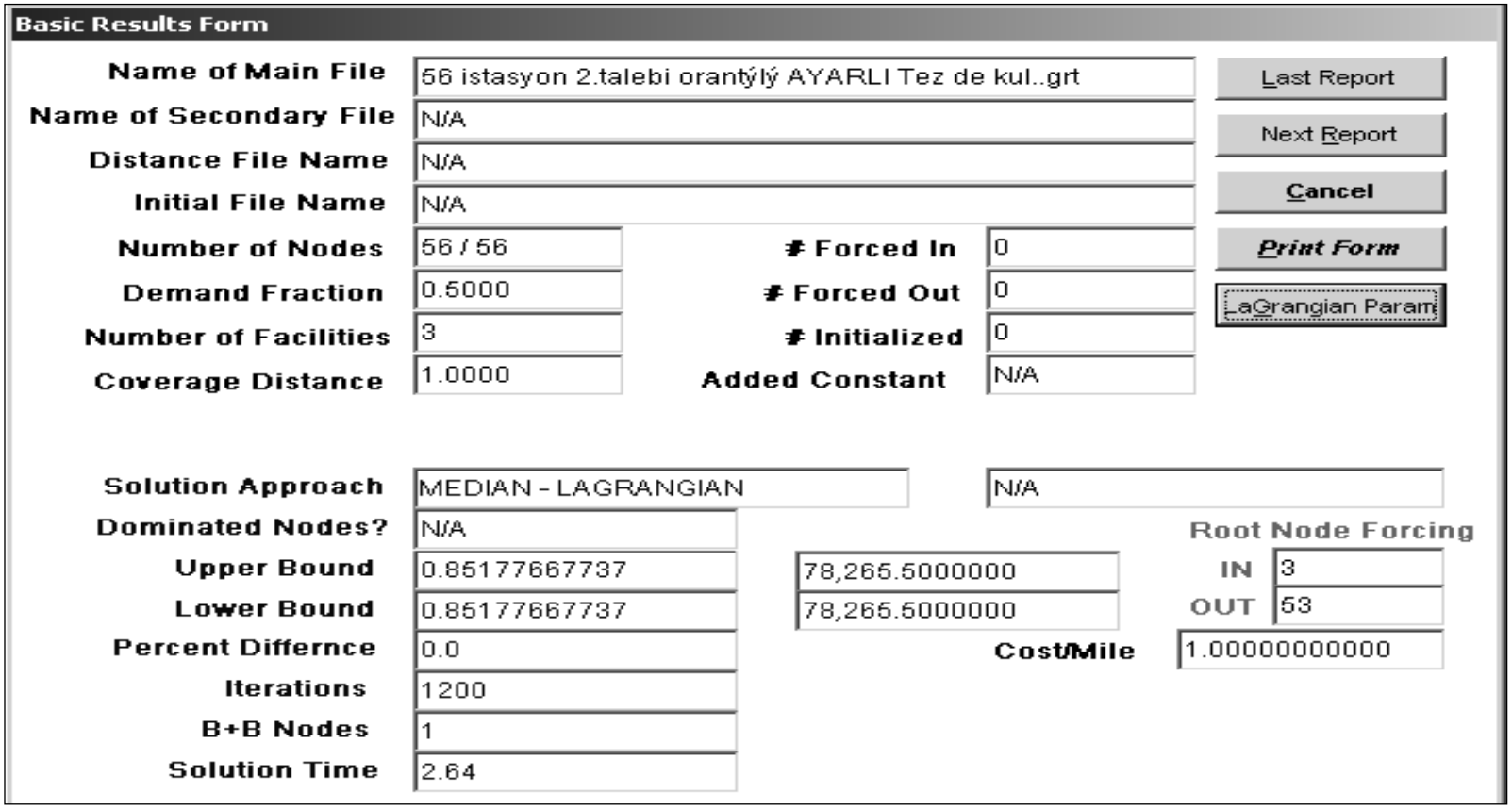
EK 4: İstasyonlar ve Ağırlıkları (Devam)

							Demand 1 - Mahalle Nüfusları Wp=W1	Var/Yok	Sağlık Ws	Var/Yok	Ulaşım Wu	Var/Yo	Merkezilik Wm	Demand2 Wd=W2	Wt
29	31.10112	40.501955	3375		1	< Nusrettin >	3375	1	675	1	506.25	0	0	1181.25	2278.125
30	31.094309	40.503063	3001		1	< Şerefiye >	3001	1	600.2	1	450.15	0	0	1050.35	2025.675
31	31.100616	40.505318	3978		1	< Karaca >	3978	1	795.6	1	596.7	0	0	1392.3	2685.15
32	31.085148	40.504433	5127		1	< Uzun mustafa >	5127	1	1025.4	1	769.05	0	0	1794.45	3460.725
33	31.085544	40.505806	1543		1	< Yeni mah. >	1543	1	308.6	1	231.45	0	0	540.05	1041.525
34	31.14364	40.511088	2866		1	< Yeşiltepe >	2866	1	573.2	0	0	1	429.9	1003.1	1934.55
35	31.10574	40.500395	2378		1	< Derelitütüncü >	2378	1	475.6	1	356.7	0	0	832.3	1605.15
36	31.071589	40.504832	494		1	< Mergiç >	494	1	98.8	1	74.1	0	0	172.9	333.45
37	31.140636	40.510849	859		1	< Sallar >	859	0	0	1	128.85	1	128.85	257.7	558.35
38	31.120913	40.512673	237		1	< Kuyumcu hacı ali	237	1	47.4	1	35.55	1	35.55	118.5	177.75
39	31.111613	40.530217	569		1	< Tokuşlar >	569	1	113.8	1	85.35	0	0	199.15	384.075
40	31.115284	40.493427	560		1	< Akpınar >	560	1	112	1	84	0	0	196	378
41	31.123262	40.50464	649		1	< Yahyalar >	649	1	129.8	0	0	1	97.35	227.15	438.075
42	31.132482	40.515379	865		1	< Nalbantoğlu >	865	0	0	1	129.75	1	129.75	259.5	562.25
43	31.115808	40.531125	1032		1	< Çakırlar >	1032	1	206.4	0	0	0	0	206.4	619.2
44	31.11231	40.491021	1639		1	< Şıralık >	1639	1	327.8	0	0	0	0	327.8	983.4
45	31.104232	40.503938	8976		0	< Koçyazı >	8976	1	1795.2	0	0	0	0	1795.2	5385.6
46	31.095151	40.513671	3493		1	< Sancaklar >	3493	1	698.6	1	523.95	0	0	1222.55	2357.775
47	31.082043	40.523176	516		1	< Sarayyeri >	516	1	103.2	0	0	0	0	103.2	309.6
48	31.101195	40.524923	2066		1	< Çamköy >	2066	1	413.2	1	309.9	0	0	723.1	1394.55
49	31.115886	40.501577	324		1	< Dedeler >	324	1	64.8	0	0	0	0	64.8	194.4
50	31.115493	40.505525	368		1	< Yukarı yahyalar >	368	1	73.6	1	55.2	0	0	128.8	248.4
51	31.124449	40.514753	950		1	< Kazukoğlu >	950	0	0	1	142.5	1	142.5	285	617.5
52	31.103043	40.521921	933		1	< Çavuşlar >	933	1	186.6	1	139.95	0	0	326.55	629.775
53	31.082446	40.513367	1271		1	< Akınlar >	1271	1	254.2	0	0	0	0	254.2	762.6
54	31.085441	40.521261	1892		1	< Arapçiftliği >	1892	1	378.4	0	0	0	0	378.4	1135.2
55	31.092471	40.492666	2993		1	< Danıcı >	2993	1	598.6	0	0	0	0	598.6	1795.8
56	31.122226	40.495866	830		1	< Soğukpınar >	830	1	166	0	0	0	0	166	498

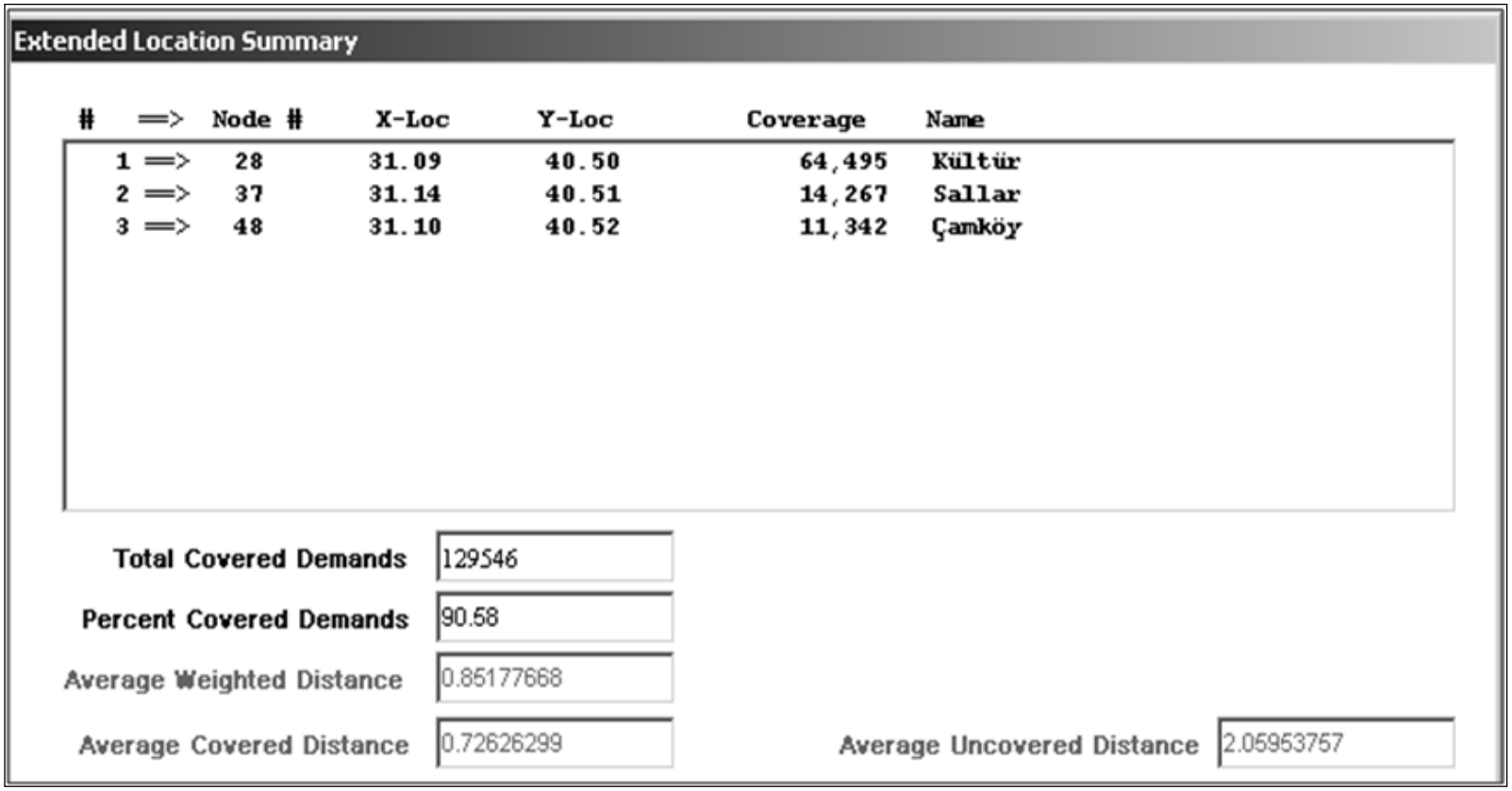
EK 5: İstasyonlar ve Aralarındaki Mesafeler (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	0.00	314.37	436.73	746.88	315.39	1340.83	1893.96	5347.21	4176.53	5248.44	6735.44	3727.78	4477.76	4521.36	4681.74	5432.00	5825.09	5178.14	4931.09	7015.45	4063.12	5517.20	6313.95	4138.97	3378.41	4518.96	3345.30
2	344.42	31.43	312.23	1076.76	31.96	1495.02	2195.18	5130.74	3983.23	5140.91	6930.56	3741.62	4391.88	4407.51	4592.81	5599.98	6038.47	5042.58	5119.99	7207.52	3867.86	5469.37	6485.75	4048.99	3205.46	4341.70	3253.09
3	436.73	489.43	0.00	1040.53	490.43	1771.79	2207.08	5662.97	4495.41	5634.05	7137.11	4139.04	4874.90	4902.74	5077.44	6052.46	6215.91	5345.32	5338.18	7418.98	4380.07	5931.99	6728.08	4533.71	3715.72	4852.88	3738.04
4	746.88	1049.61	1040.53	0.00	1048.24	1013.64	1147.78	5381.02	4420.66	5279.18	6141.55	3526.84	4473.82	4578.41	4680.56	5492.37	5204.78	5272.92	4358.37	6426.14	4314.04	5413.10	5762.56	4151.44	3595.47	4719.47	3585.47
5	285.34	31.96	468.71	1021.31	31.43	1475.38	2147.51	5196.72	4028.42	5172.48	6906.95	3751.38	4419.52	4439.89	4621.05	5418.69	6010.98	5078.78	5097.28	7184.60	3913.32	5490.81	6466.73	4077.18	3247.06	4384.47	3281.20
6	1340.83	1483.87	1771.79	1013.64	1483.92	0.00	1173.51	4730.35	3598.93	4305.24	5438.01	2513.87	3491.36	3422.03	3697.71	4478.95	4557.28	4329.97	3426.43	5713.94	3501.12	4402.42	4991.37	3178.44	2773.28	3854.93	2438.13
7	1893.96	2172.06	2207.08	1147.78	2170.43	1173.51	0.00	3793.45	2497.02	3187.20	5078.41	3169.37	4366.02	4560.06	4565.93	5124.30	4116.36	5281.03	3344.37	5366.70	4606.21	5103.99	4757.72	4088.92	3883.37	4915.35	3427.23
8	5347.21	5174.14	5662.97	5381.02	5173.23	4730.35	3793.45	0.00	1170.77	1495.45	4948.98	3180.37	1876.63	1512.48	1792.39	2764.09	6636.15	1047.46	3715.06	7094.47	1284.26	2482.23	6269.65	1948.23	1984.45	878.34	2390.25
9	4176.53	4006.23	4495.41	4420.66	4005.30	3598.93	4697.02	1170.77	0.00	1688.14	6526.38	2448.71	1487.19	1158.97	1342.22	2819.73	6065.48	1345.89	5081.88	6710.22	117.71	2554.04	5844.42	1338.29	828.33	420.89	1412.96
10	5248.44	5137.30	5634.05	5279.18	5155.94	4305.24	5187.20	1495.45	1688.14	0.00	5304.00	2135.17	821.89	736.53	621.68	1273.29	5269.73	452.87	4410.16	5435.02	1775.08	990.34	4823.29	1128.01	2086.93	1306.91	1906.61
11	6735.44	6919.66	7137.11	6141.55	6917.73	5438.01	5078.41	4948.98	6526.38	5304.00	0.00	4165.24	5126.92	5302.58	5169.61	4365.67	992.45	5921.02	1812.42	289.54	6526.85	4609.23	680.70	5198.91	6140.42	6388.55	5330.78
12	3727.78	3747.25	4139.04	3526.84	3745.49	2513.87	3169.37	3180.37	2448.71	2135.17	4165.24	0.00	1370.12	1687.04	1535.21	1977.81	3427.73	2357.83	2434.37	4376.72	2425.98	1936.02	3532.78	1232.19	1995.32	2416.03	1165.43
13	4477.76	4406.33	4874.90	4473.82	4404.88	3491.36	4366.02	1876.63	1487.19	821.89	5126.92	1370.12	0.00	376.16	206.74	1419.93	4765.59	987.71	3838.45	5292.05	1526.04	1194.41	4453.43	345.07	1343.24	1265.19	1139.00
14	4521.36	4424.29	4902.74	4578.41	4422.95	3422.03	4560.06	1512.48	1158.97	736.53	5302.58	1687.04	376.16	0.00	388.42	1670.56	5138.64	721.43	4205.20	5666.49	1213.72	1414.43	4828.64	482.00	1375.90	897.95	1193.03
15	4681.74	4607.57	5077.44	4680.56	4606.13	3697.71	4565.93	1792.39	1342.22	621.68	5169.61	1535.21	206.74	388.42	0.00	1297.34	4845.23	838.72	3987.59	5325.37	1594.98	1051.76	4492.55	543.87	1491.70	1270.00	1339.85
16	5432.00	5410.07	6052.46	5492.37	5408.44	4478.95	5124.30	2764.09	2819.73	1273.29	4365.67	1977.81	1419.93	1670.56	1297.34	0.00	4270.03	1726.15	3537.07	4447.85	2881.96	283.07	3490.60	1727.16	2941.81	2497.61	2439.91
17	5825.09	6025.62	6215.91	5204.78	6023.70	4557.28	4116.36	6636.15	6065.48	5269.73	992.45	3427.73	4765.59	5138.64	4845.23	4270.03	0.00	5450.34	1022.86	1280.39	6049.62	4473.64	1005.96	4769.52	5599.42	5980.71	4770.15
18	5178.14	5061.23	5345.32	5272.92	5060.00	4329.97	5281.03	1047.46	1345.89	452.87	5921.02	2357.83	987.71	721.43	838.72	1726.15	5450.34	0.00	4762.58	6039.47	1446.43	1443.18	5240.64	1199.60	1885.41	935.32	1892.43
19	4931.09	5109.52	5338.18	4358.37	5107.58	3426.43	3344.37	3715.06	5081.88	4410.16	1812.42	2434.37	3838.45	4205.20	3987.59	3537.07	1022.86	4762.58	0.00	2087.56	5060.35	3705.77	1413.34	3810.54	4588.14	5020.96	3741.65
20	7015.45	7196.97	7418.98	6426.14	7195.04	5713.94	5366.70	7094.47	6710.22	5435.02	289.54	4376.72	5292.05	5666.49	5325.37	4447.85	1280.39	6039.47	2087.56	0.00	6714.64	4719.54	847.34	5373.96	6349.00	6553.61	5341.89
21	4063.12	3890.99	4380.07	4314.04	3890.06	3501.12	4606.21	1284.26	117.71	1775.08	6526.85	2425.98	1526.04	1213.72	1594.98	2881.96	6049.62	1446.43	5060.35	6714.64	0.00	2619.99	5848.03	1352.39	727.89	531.94	1339.76
22	5517.20	5480.80	5931.99	5413.10	5479.22	4402.42	5103.99	2482.23	2554.04	990.34	4609.23	1936.02	1194.41	1414.43	1051.76	283.07	4473.64	1443.18	3705.77	4719.54	2619.99	0.00	3981.49	1518.85	2735.97	2223.10	2245.25
23	6313.95	6477.13	6728.08	5762.56	6475.19	4991.37	4757.72	6269.65	5844.42	4823.29	680.70	3532.78	4453.43	4828.64	4492.55	3490.60	1005.96	5240.64	1413.34	847.34	5848.03	3981.49	0.00	4529.00	5523.35	5712.74	4497.27
24	4138.97	4063.70	4533.71	4151.44	4062.26	3178.44	4088.92	1948.23	1338.29	1128.01	5198.91	1232.19	345.07	482.00	543.87	1727.16	4769.52	1199.60	3810.54	5373.96	1352.39	1518.85	4529.00	0.00	1244.38	1211.66	795.98
25	3378.41	3226.71	3715.72	3595.47	3225.64	2773.28	3883.37	1984.45	828.33	2086.93	6140.42	1995.32	1343.24	1375.90	1491.70	2941.81	5599.42	1885.41	4588.14	6349.00	727.89	2735.97	5523.35	1244.38	0.00	1140.60	831.82
26	4518.96	4343.53	4852.88	4719.47	4342.51	3854.93	4915.35	878.34	420.89	1306.91	6388.55	2416.03	1265.19	897.95	1270.00	2497.61	5980.71	935.32	5020.96	6553.61	531.94	2223.10	5712.74	1211.66	1140.60	0.00	1523.64
27	3345.30	3247.74	3738.04	3585.47	3246.30	2438.13	3427.23	2390.25	1412.96	1906.61	5330.78	1165.43	1139.00	1193.03	1339.85	2439.91	4770.15	1892.43	3741.65	5341.89	1359.76	2245.25	4497.27	795.98	831.82	1523.64	0.00
28	4348.61	4254.17	4731.65	4402.66	4252.82	3446.65	4389.42	1621.82	1129.29	903.41	5454.90	1559.87	358.21	175.78	454.04	1748.73	5062.42	891.84	4115.44	5626.03	1148.16	1505.79	4784.49	331.42	1244.35	928.70	1017.39
29	4778.51	4745.43	5194.32	4677.67	4743.83	3668.40	4405.78	2403.05	2134.31	1030.93	4547.32	1241.89	649.64	997.08	630.95	878.73	4256.37	1394.18	3380.97	4698.66	2175.53	739.36	3848.86	891.54	2135.12	1894.36	1542.90
30	4446.96	4347.68	4839.55	4462.47	4346.26	3487.91	4385.78	1778.89	1349.52	817.50	5240.08	1438.40	118.23	248.23	249.09	1519.87	4870.52	928.07	3987.52	5406.43	1409.60	1285.88	4567.28	311.18	1450.41	1148.78	1101.89
31	4409.47	4388.13	4827.85	4300.36	4381.50	3290.89	4035.84	2309.23	2057.12	1280.34	4499.53	884.56	636.32	1011.22	732.61	1227.41	4129.61	1569.02	3208.69	4470.32	2076.51	1113.87	3828.79	725.49	1917.23	1884.12	1256.33
32	4198.61	4050.85	4539.73	4386.11	4049.77	3517.12	4378.60	1215.93	340.17	1402.32	6201.89	2158.18	1147.03	824.01	1206.26	2491.33	5739.03	1111.08	4783.94	6382.36	390.66	2229.53	5537.44	1008.44	824.41	338.00	1200.50
33	4045.29	3900.76	4389.33	4227.98	3899.66	3358.47	4422.11	1373.71	396.74	1482.73	6132.19	2054.48	1135.27	847.74	1220.63	2516.52	5648.93	1226.06	4686.53	6317.82	400.69	2242.37	5471.58	951.97	677.36	496.47	1057.13
34	7280.30	7458.01	7685.72	6696.65	7456.07	5973.68	5642.71	7218.76	6873.09	5747.43	570.19	4570.66	5458.56	5811.08	5462.63	4555.42	1561.81	6178.34	2349.45	281.44	6881.45	4814.13	1043.24	5534.99	6337.09	6702.95	5733.51
35	5138.40	5130.43	5343.52	4972.98	5128.93	3959.40	4384.03	2843.41	2671.54	1377.76	4126.26	1448.75	1188.53	1520.85	1141.41	541.44	3923.74	1802.11	3120.77	4258.75	2714.08	601.74	3445.57	1427.86	2667.11	2410.98	2045.37

EK 6: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=1 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması



EK 7: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=1 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması (Devam)

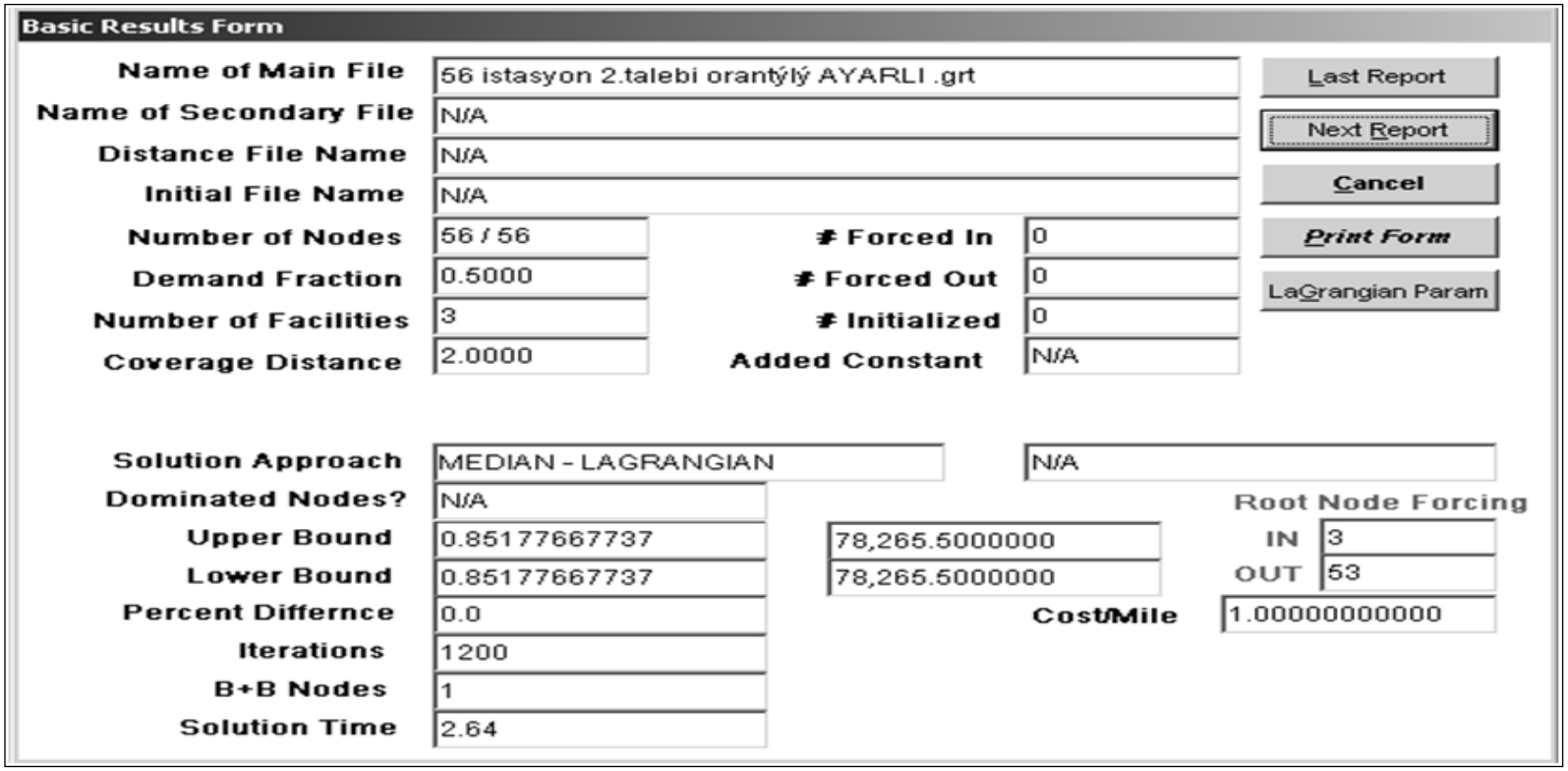


Extended Location Summary

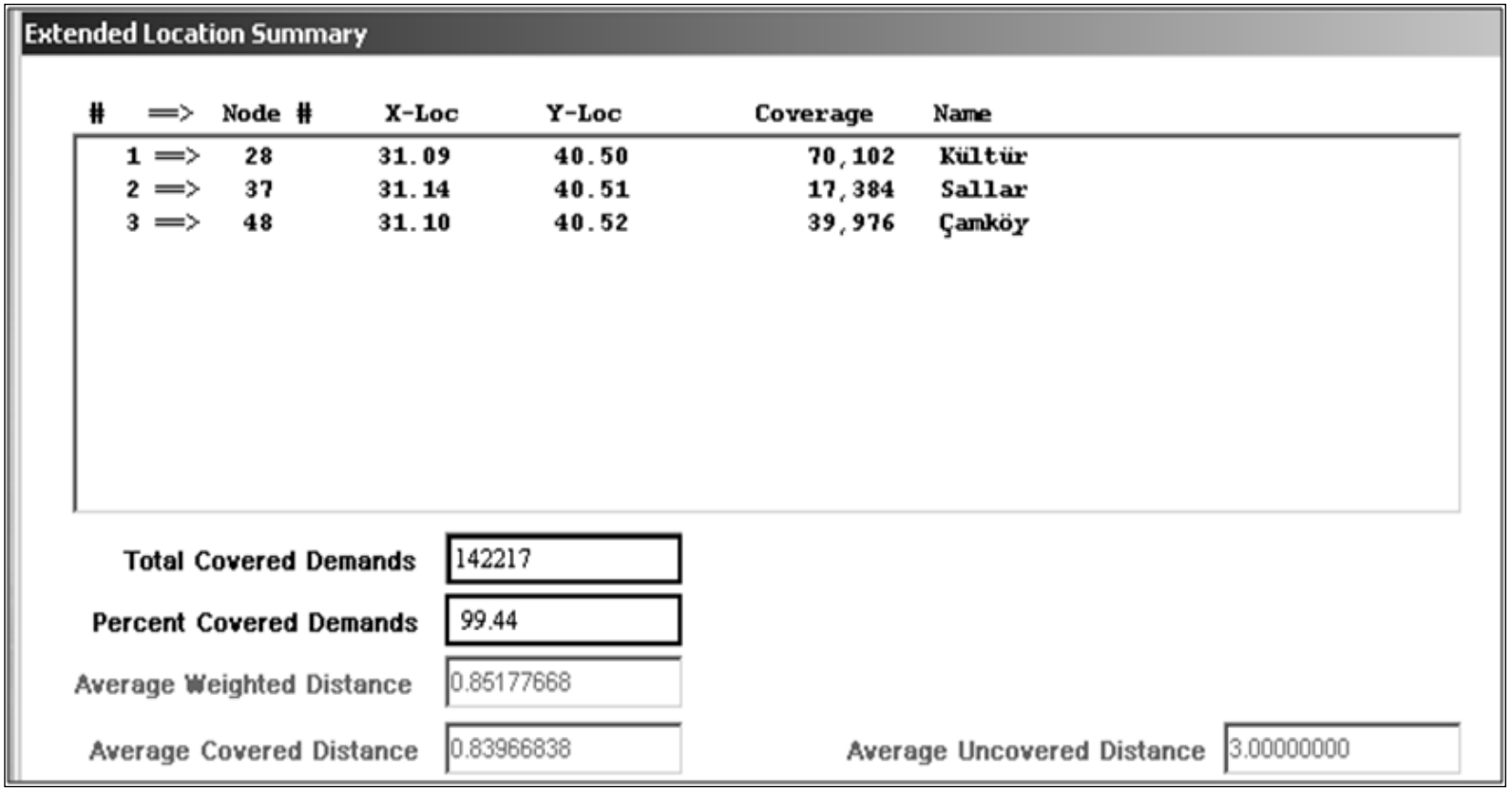
#	==>	Node #	X-Loc	Y-Loc	Coverage	Name
1	==>	28	31.09	40.50	64,495	Kültür
2	==>	37	31.14	40.51	14,267	Sallar
3	==>	48	31.10	40.52	11,342	Çamköy

Total Covered Demands	129546		
Percent Covered Demands	90.58		
Average Weighted Distance	0.85177668		
Average Covered Distance	0.72626299	Average Uncovered Distance	2.05953757

EK 8: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=2 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması



EK 9: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=2 km için Lagrange Çarpanları Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması (Devam)



Extended Location Summary

#	==>	Node #	X-Loc	Y-Loc	Coverage	Name
1	==>	28	31.09	40.50	70,102	Kültür
2	==>	37	31.14	40.51	17,384	Sallar
3	==>	48	31.10	40.52	39,976	Çamköy

Total Covered Demands: 142217

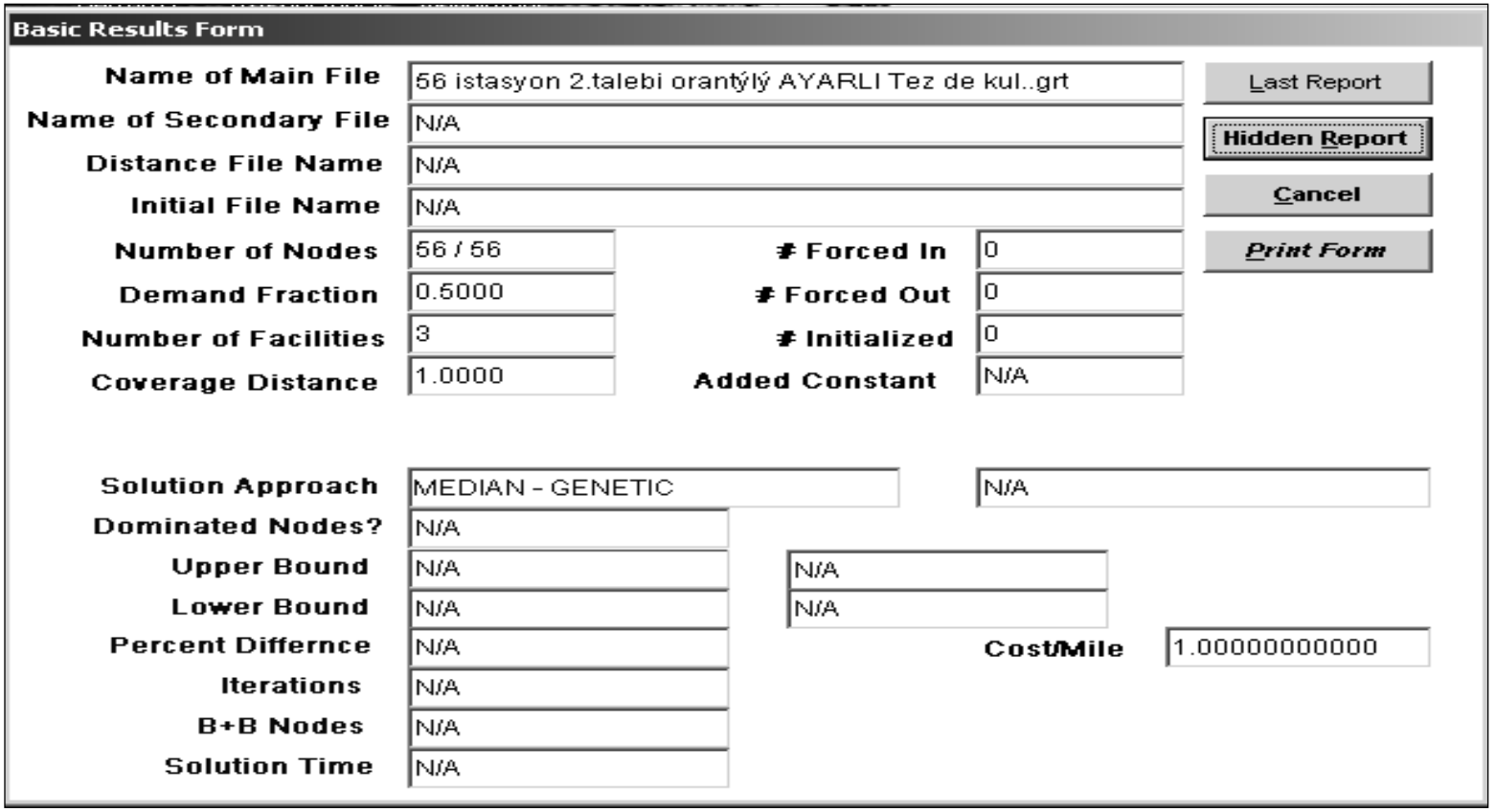
Percent Covered Demands: 99.44

Average Weighted Distance: 0.85177668

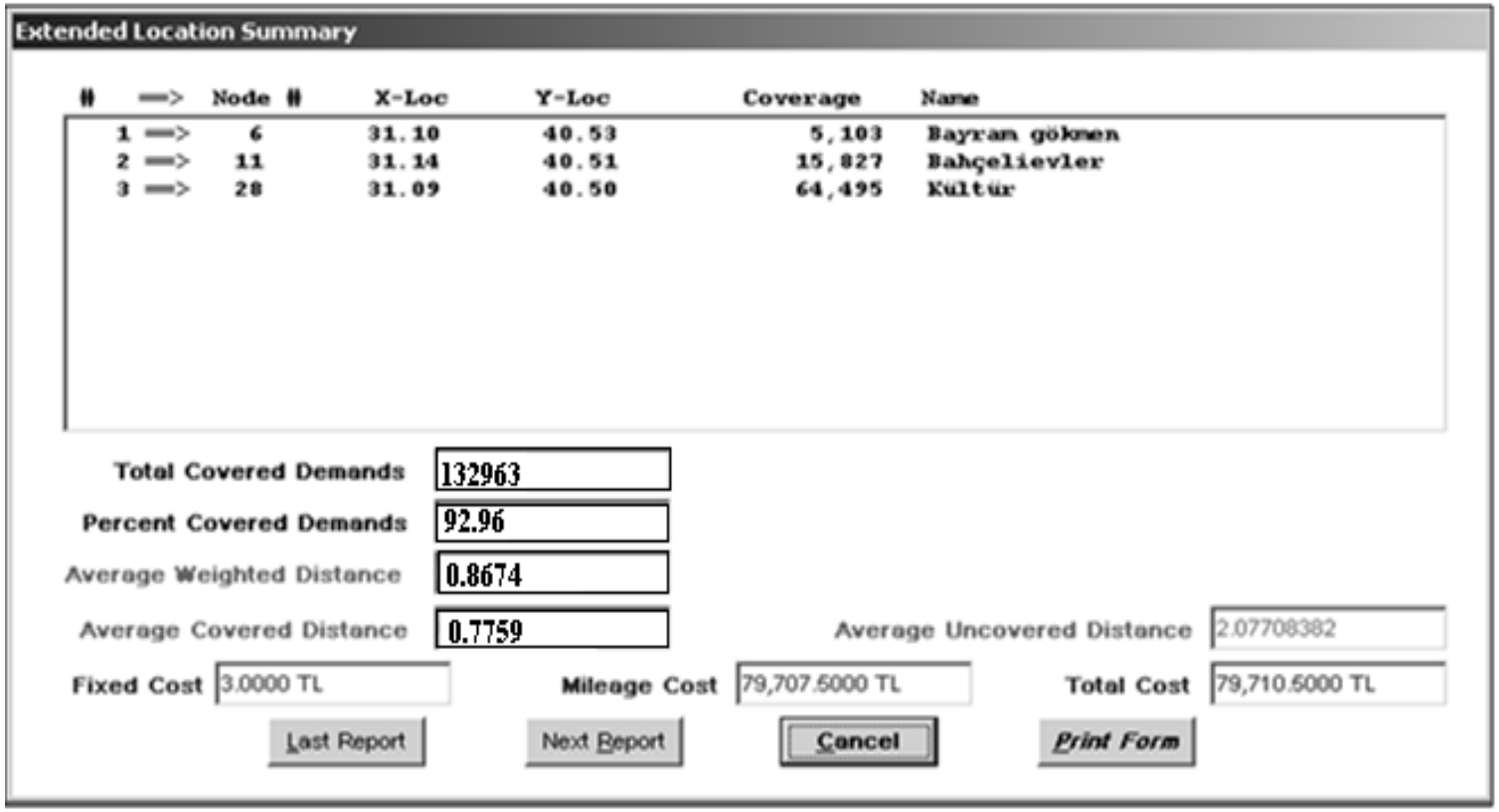
Average Covered Distance: 0.83966838

Average Uncovered Distance: 3.00000000

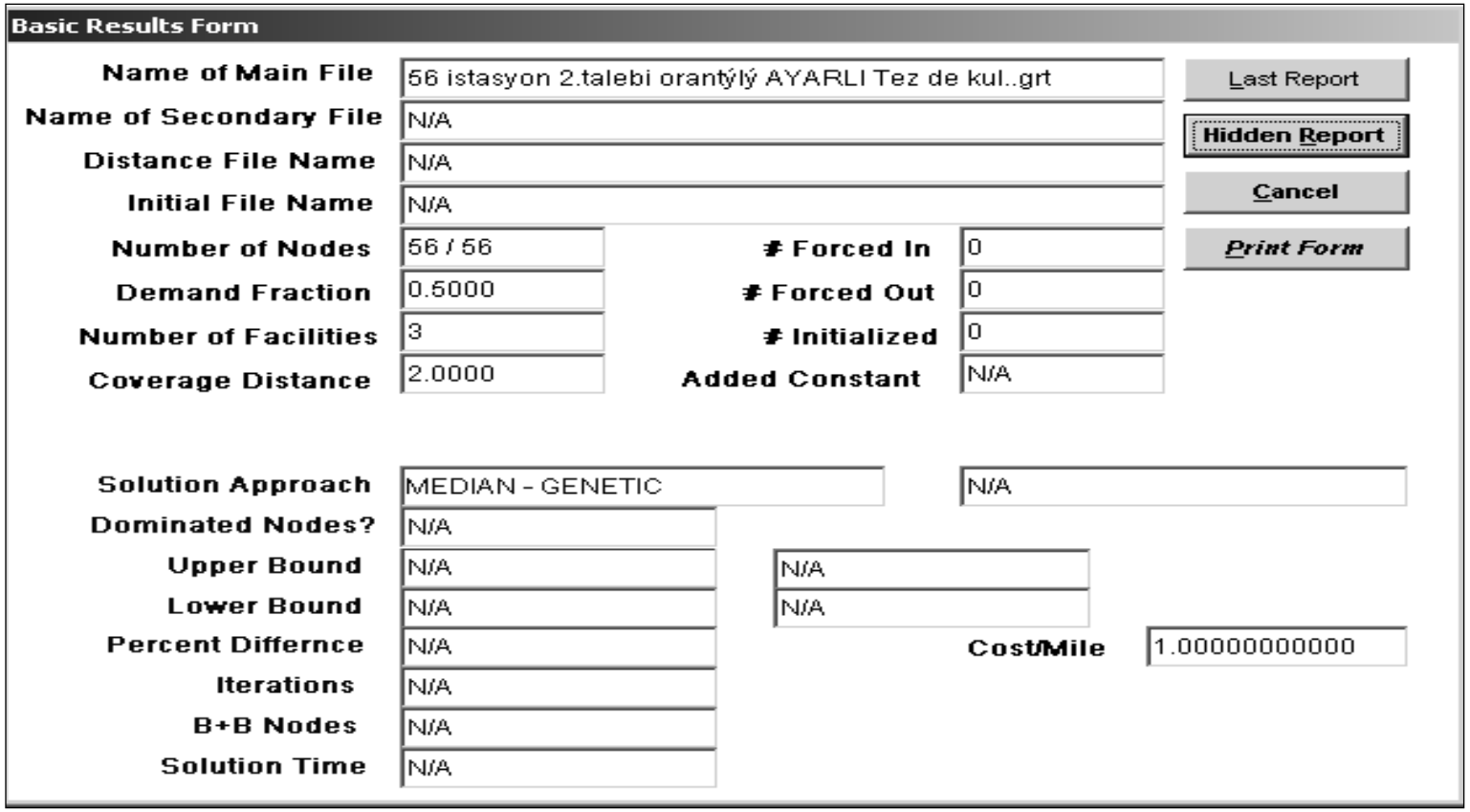
EK 10: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=1 km için Genetik Algoritma Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması



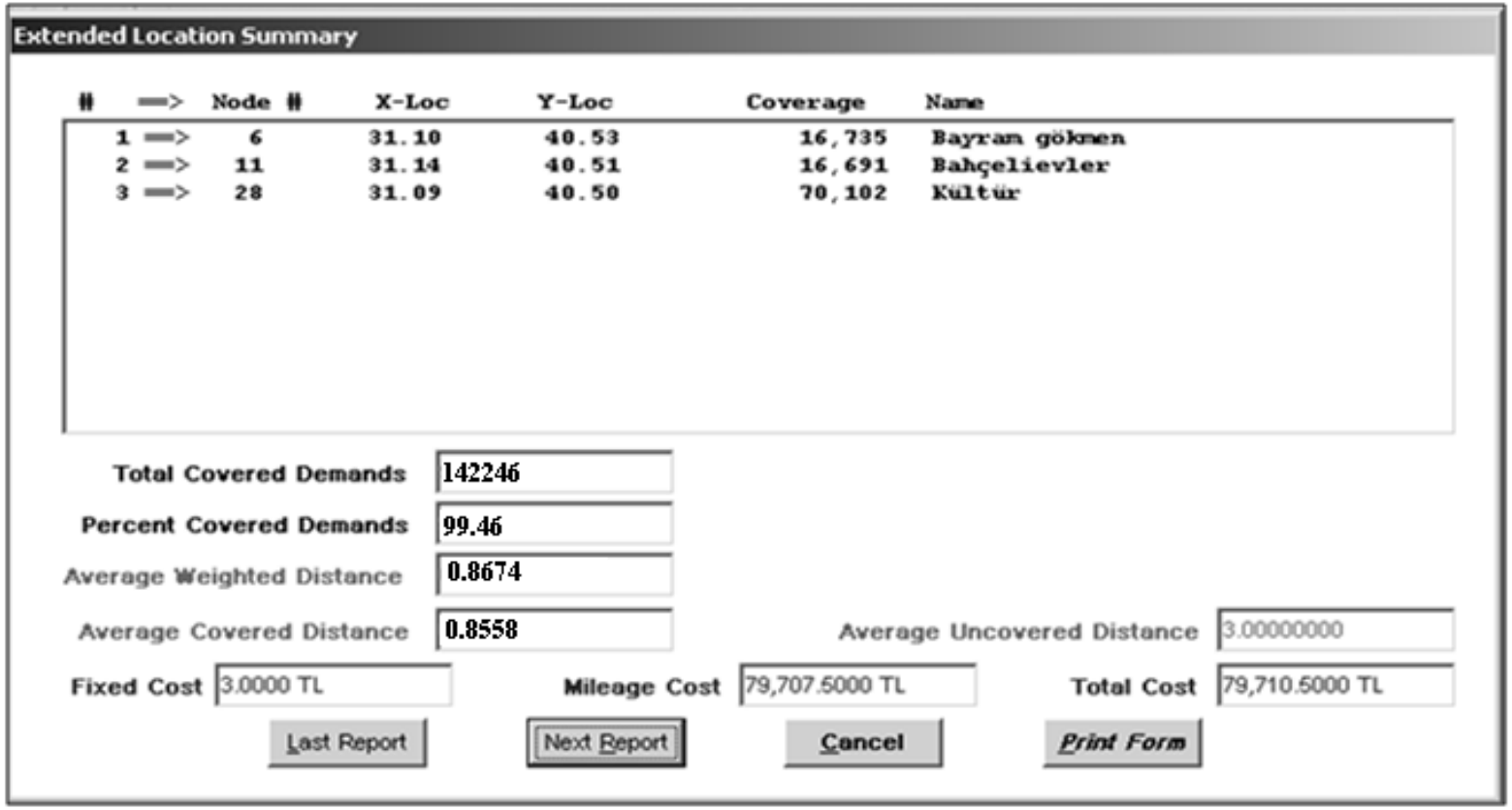
EK 11: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=1 km için Genetik Algoritma Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması (Devam)



EK 12: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=2 km için Genetik Algoritma Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması

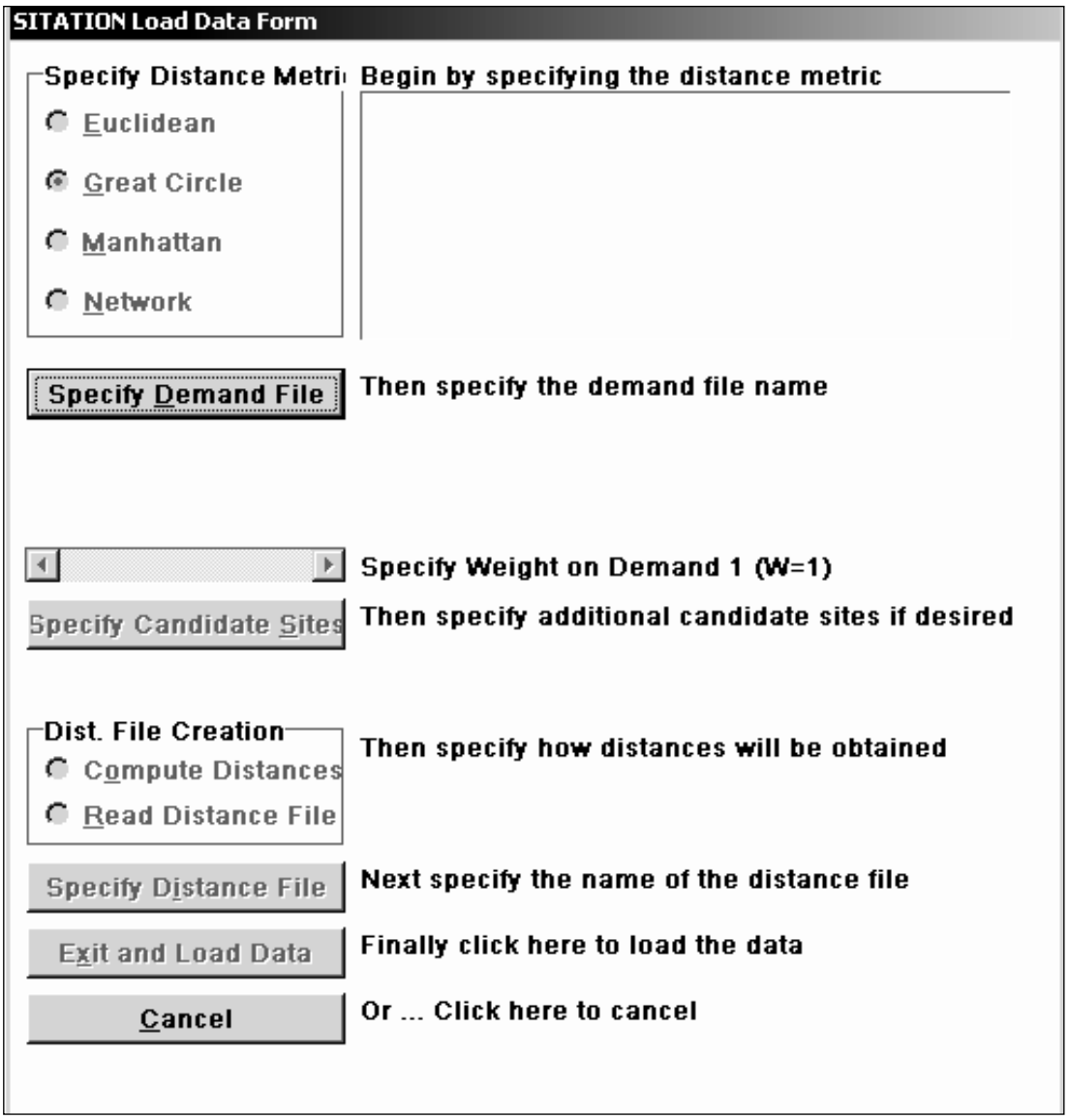


EK 13: Yaralı Toplanma Merkezlerinin Dc=2 km için Genetik Algoritma Yöntemi Kullanılarak Sitation Yazılımının Çalıştırılması (Devam)

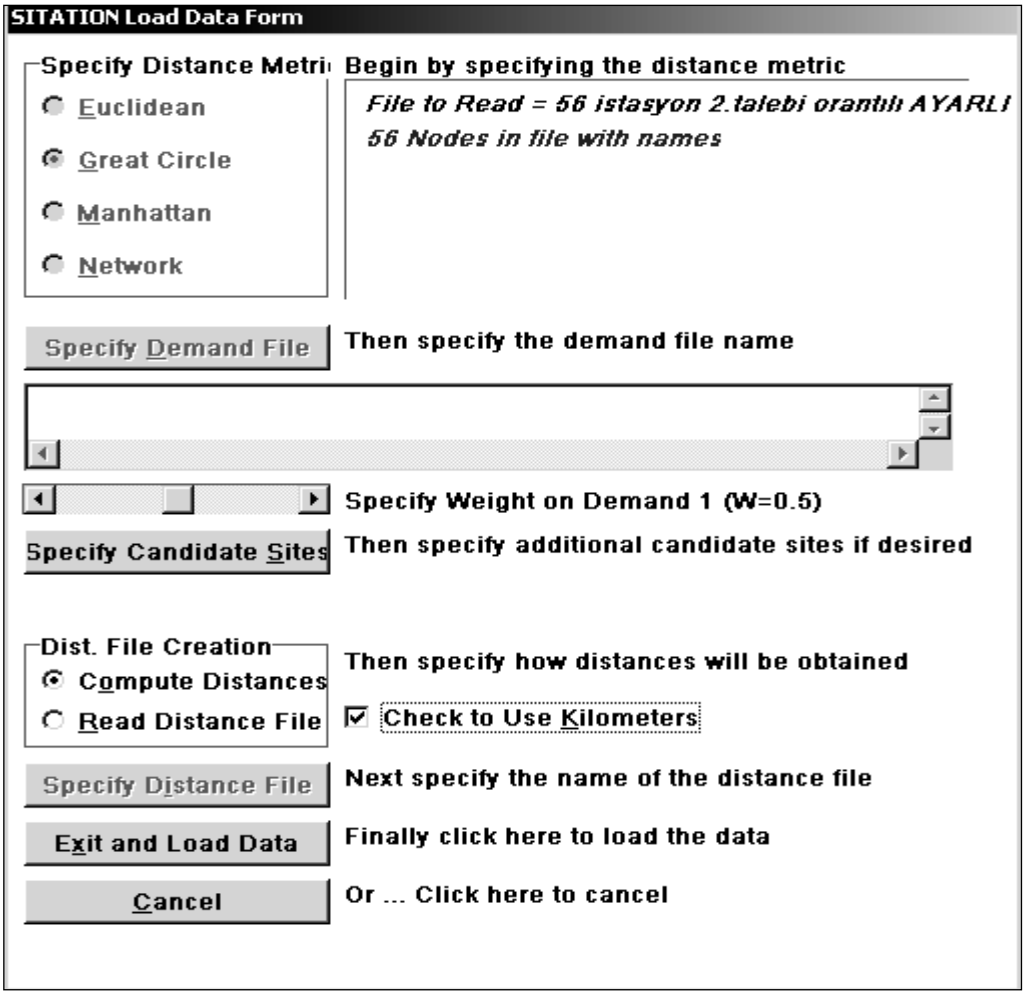


EK 14: Sitation Yazılımının P-medyan ve Lagrange Tabanlı Çalıştırılması

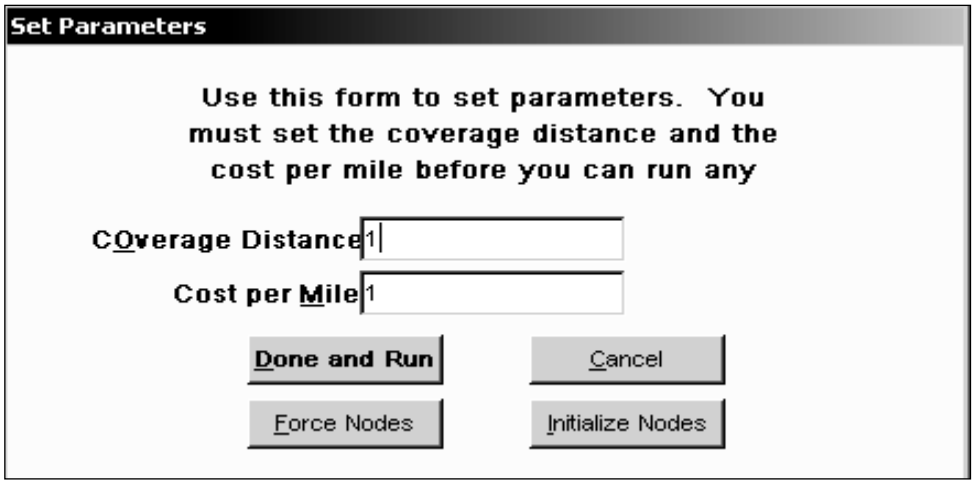
EK 14.1: Sitation Yazılımı ve P-medyan Tesis Yerleştirme Ara Yüzleri



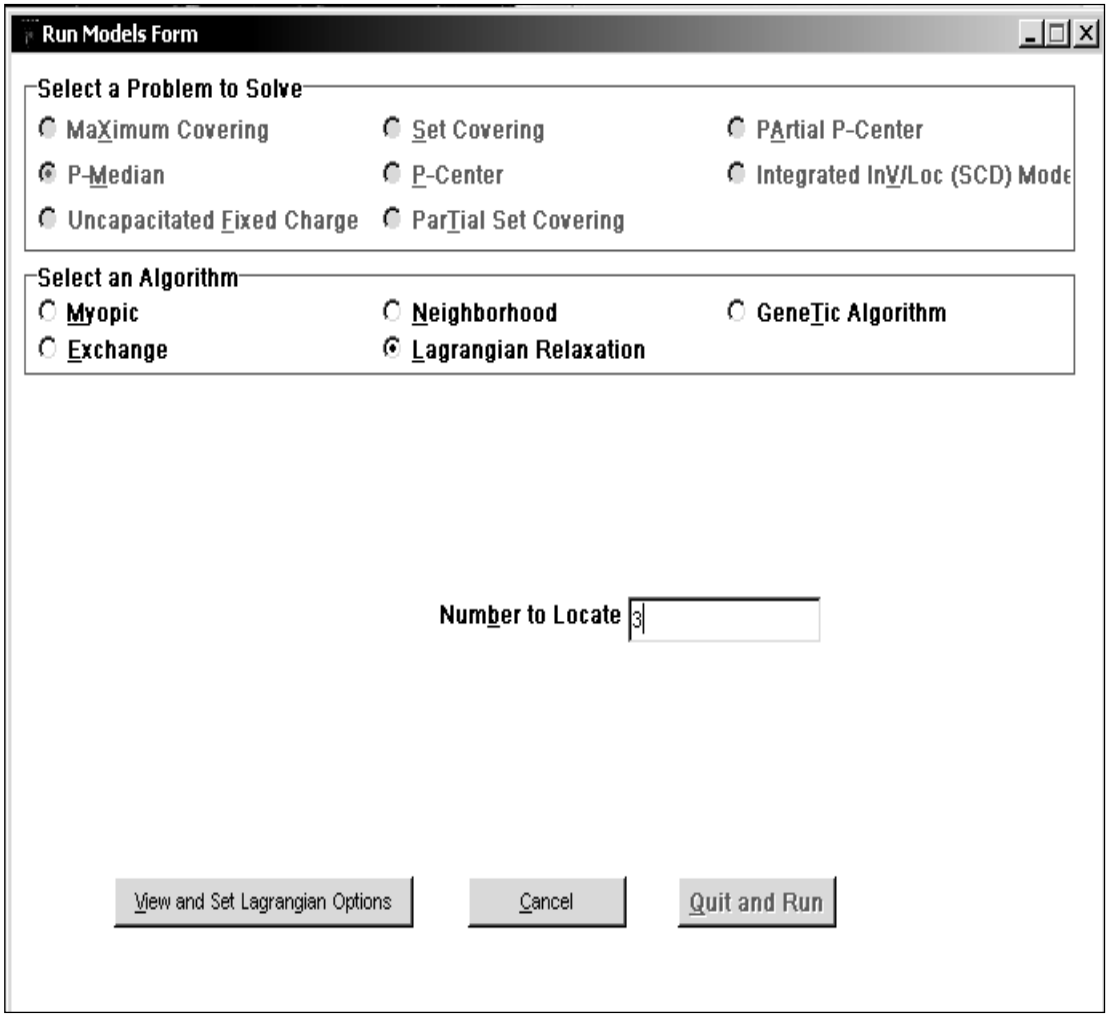
EK 14.2: Yazılıma Toplanma Merkezleri Koordinatları Eklenmesi



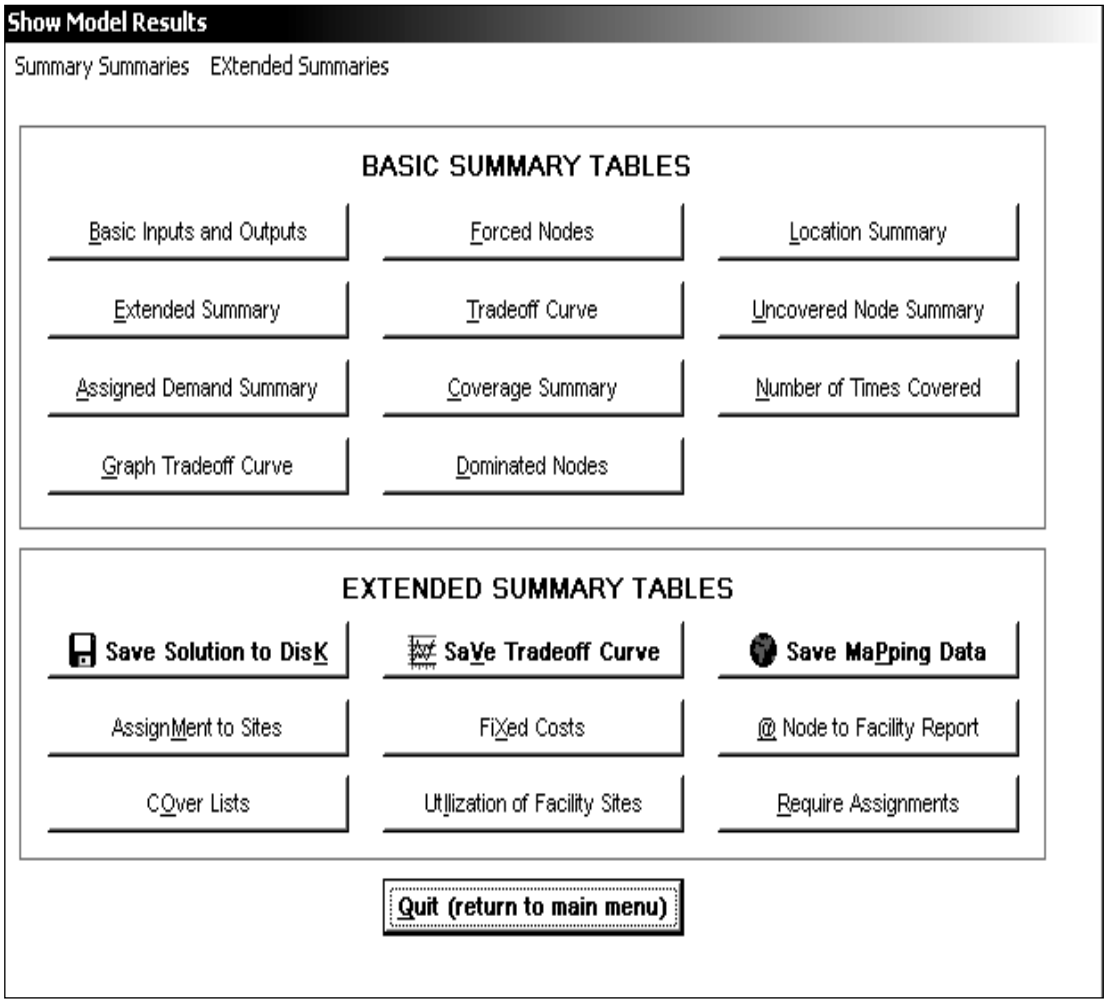
EK 14.3: Yazılıma toplanma merkezlerinin Kapsama Mesafesi Eklenmesi



EK 14.4: Yazılımda Optimizasyon Metodu Seçimi Ara Yüzü



EK 14.5: Yazılımın Temel Sonuçlar Ara Yüzü



EK 14.6: Atanan Merkezlerin Gösterildiği Ara Yüz

