

**T.C.**  
**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İŞLETME ANABİLİM DALI**  
**İŞLETME PROGRAMI**  
**DOKTORA TEZİ**

**EVSEL İLAÇ ATIKLARININ TOPLANMASI**  
**PROJESİNDEKİ TERSİNE LOJİSTİK**  
**SÜRECİNİN MODELLENMESİ İÇİN GENETİK**  
**ALGORİTMALARIN KULLANILMASI**

**Kadir KIRDA**

**Danışman**  
**Doç. Dr. Özlem DOĞAN**

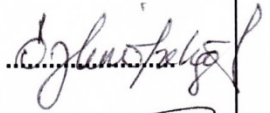
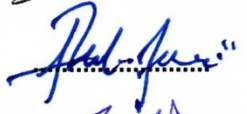
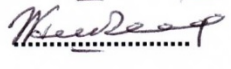
**İZMİR - 2013**

**DOKTORA**  
**TEZ ONAY SAYFASI**

2008800723

**Üniversite** : Dokuz Eylül Üniversitesi  
**Enstitü** : Sosyal Bilimler Enstitüsü  
**Adı ve Soyadı** : Kadir KIRDA  
**Tez Başlığı** : Evsel İlaç Atıklarının Toplanması Projesindeki Tersine Lojistik Sürecinin Modellenmesi için Genetik Algoritmaların Kullanılması  
**Savunma Tarihi** : 25.06.2013  
**Danışmanı** : Doç.Dr.Özlem DOĞAN

**JÜRİ ÜYELERİ**

| <b><u>Ünvanı, Adı, Soyadı</u></b>   | <b><u>Üniversitesi</u></b> | <b><u>İmza</u></b>                                                                    |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Doç.Dr.Özlem DOĞAN                  | - DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ |    |
| Doç.Dr.Cenk ÖZLER                   | - DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ |   |
| Doç.Dr.Fatma TEKTÜFEKÇİ<br>ŞENÇİÇEK | - DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ |  |
| Prof.Dr.Hilmi YÜKSEL                | - DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ |  |
| Prof.Dr.Hulusi DEMİR                | - YAŞAR ÜNİVERSİTESİ       |  |

Oybirliği (X)

Oy Çokluğu ( )

Kadir KIRDA tarafından hazırlanmış ve sunulmuş "Evsel İlaç Atıklarının Toplanması Projesindeki Tersine Lojistik Sürecinin Modellenmesi için Genetik Algoritmaların Kullanılması"başlıklı tezi kabul edilmiştir.

**Prof.Dr. Utku UTKULU**  
**Enstitü Müdürü**

## YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “**Evsel İlaç Atıklarının Toplanması Projesindeki Tersine Lojistik Sürecinin Modellenmesi İçin Genetik Algoritmaların Kullanılması**” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

.../.../.....

Kadir KIRDA

İmza

## **ÖZET**

### **Doktora Tezi**

#### **Evsel İlaç Atıklarının Toplanması Projesindeki Tersine Lojistik Sürecinin Modellenmesi İçin Genetik Algoritmaların Kullanılması**

**Kadir KIRDA**

**Dokuz Eylül Üniversitesi**

**Sosyal Bilimler Enstitüsü**

**İşletme Anabilim Dalı**

**İşletme Programı**

Son dönemlerde fark edilmeye başlanan çevresel kirlenme ve bunun zararları sonucunda insanların çevre konusunda duyarlılıkları artmış, aynı hassasiyeti işletmelerden ve yönetimlerden de bekler hale gelmişlerdir. Tersine lojistik bu konuda büyük bir öneme sahiptir. Tersine lojistik ile işe yaramayan ürünlerin lojistik zincirinde tersine doğru akışı ile değer kazandırılması söz konusudur. Böylece bütün olarak atık olabilecek bir ürünün ayrıştırma ile en az miktarda atık ortaya çıkacak şekilde değerlendirilmesi işlemi gerçekleştirilir.

Evsel atık ilaçların toplanması için etkin yöntemlerden biri tersine lojistik ağının kurulması ve etkin yönetilmesidir. Evsel ilaç atıkları olarak isimlendirilen bu ilaçlar, çöpe veya kanalizasyona atıldığında fark edilemeyecek derecede küçük zerreler halinde yayılmakta, birikmekte, deniz canlılarına, sulara ve dolaylı yollarla insanlara zarar vermektedirler. Bu zararların önüne geçilebilmesi için evsel ilaç atıklarının toplanmasına yönelik tersine lojistik zincirinin kurulması ve etkin olarak yönetilmesi gerekmektedir.

Bu tezde evsel ilaç atıklarının toplanması projesinde atık ilaçların taşınması faaliyetine yönelik genetik algoritmanın kullanılması araştırılmıştır. Genetik algoritma, evrim mantığının matematiksel modele uyarlanması ile geliştirilmiş sezgisel bir algoritmadır. Hızlı çözüme ulaşma, optimuma yakın sonuçlar verme gibi özellikleri genetik algoritmaların kullanılmasını avantajlı kılmaktadır. Araştırmanın kapsamında genetik algoritmanın hesaplanmasını sağlayan bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen masaüstü yazılıma eczanelere ve

depolara ait verilerin eklenebildiği bir arayüz tasarlanmıştır. Verilerde yer alan koordinatlar web tabanlı bir uygulama aracılığıyla elde edilmiş ve ekler kısmında sunulmuştur.

Yazılımda test edilmek üzere üç farklı taşıma modeli örneği geliştirilmiştir. Bu üç model gerçek veriler ve çeşitli varsayımlar ışığında karşılaştırılmış, test sonuçları sunulmuştur. Genetik algoritmaların etkin kullanımına yönelik olarak yapılan bu araştırmanın ileriye dönük bir rehber niteliğinde olması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Tersine Lojistik, Genetik Algoritma, İlaç Sektörü, Evsel İlaç Atıkları.

**ABSTRACT**  
**Doctoral Thesis**  
**Doctor of Philosophy (PhD)**  
**Using of Genetic Algorithms for Modeling of Reverse Logistics Process in**  
**Household Pharmaceutical Waste Collection Project**  
**Kadir KIRDA**

**Dokuz Eylül University**  
**Graduate School of Social Sciences**  
**Department of Business Administration**  
**Business Administration Program**

After environmental contamination and its hazards which realized recently, people's awareness about the environment has increased, and they have begun expecting the same sensitivity from firms and governments. Reverse logistics have a great importance on that matter. With reverse logistics, useless products gain value with joining to reverse flow in logistics chain. So, a product which may be waste as a whole can have increased value, with decomposition to occur in the least amount of waste.

One of the methods for collection of household pharmaceutical waste is establishment and effective management of reverse logistics network. These pharmaceuticals, named household pharmaceutical waste, inroad into small particles, accumulate, damaging to sea creatures, water, and people indirectly. To prevent these damages, reverse logistics chain for the collection of household pharmaceutical waste must be established and managed effectively.

In this thesis, using genetic algorithm on transport activity in collection of household pharmaceutical waste project has investigated. Within the scope of the study, software which enables to process genetic algorithm has developed. User interface of developed software have ability importing data about pharmacies and warehouses. Coordinates derived from a web based application and presented in the appendix.

**In order to test, three different transportation model examples have been developed. These three models were compared in the light of the actual data and various assumptions, and the test results were presented. This study made for the effective use of genetic algorithms, is intended as a guide to future studies.**

**Keywords: Reverse Logistics, Genetic Algorithm, Pharmaceutical Industry, Household Pharmaceutical Waste.**

**EVSEL İLAÇ ATIKLARININ TOPLANMASI PROJESİNDEKİ TERSİNE  
LOJİSTİK SÜRECİNİN MODELLENMESİ İÇİN GENETİK  
ALGORİTMALARIN KULLANILMASI**

**İÇİNDEKİLER**

|                  |       |
|------------------|-------|
| TEZ ONAY SAYFASI | ii    |
| YEMİN METNİ      | iii   |
| ÖZET             | iv    |
| ABSTRACT         | vi    |
| İÇİNDEKİLER      | viii  |
| KISALTMALAR      | xiii  |
| TABLolar LİSTESİ | xiv   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | xv    |
| EKLER LİSTESİ    | xvi   |
| <br>GİRİŞ        | <br>1 |

**BİRİNCİ BÖLÜM  
TERSİNE LOJİSTİK**

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| 1.1. LOJİSTİK KAVRAMI               | 6    |
| 1.1.1. Lojistiğin Tanımı            | 7    |
| 1.1.2. Lojistiğin Tarihsel Gelişimi | 8    |
| 1.1.3. Lojistik ve Tedarik Zinciri  | 10   |
| 1.1.4. Lojistiğin Temel İlkeleri    | 12   |
| 1.1.5. Lojistik Yönetimi            | 13   |
| 1.1.5.1. Nakliye                    | 14   |
| 1.1.5.2. Depolama                   | 15   |
| 1.1.5.3. Envanter Yönetimi          | 15   |
| 1.1.5.4. Elleçleme                  | 16   |
| 1.1.5.5. Sipariş İşleme             | 16   |
|                                     | viii |



|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 1.1.5.6. Ambalajlama                               | 16 |
| 1.1.5.7. Tedarik                                   | 17 |
| 1.1.5.8. İletişim                                  | 17 |
| 1.2. TERSİNE LOJİSTİK KAVRAMI                      | 17 |
| 1.3. İLERİ VE TERSİNE LOJİSTİK                     | 19 |
| 1.4. TERSİNE LOJİSTİK SÜRECİ                       | 22 |
| 1.5. TERSİNE LOJİSTİKTE GERİ KAZANIM SEÇENEKLERİ   | 26 |
| 1.5.1. Onarım                                      | 26 |
| 1.5.2. Yenileme                                    | 27 |
| 1.5.3. Yeniden Üretim                              | 27 |
| 1.5.4. Yamyamlaşma (Cannibalization)               | 28 |
| 1.5.5. Geri Dönüşüm                                | 28 |
| 1.6. TERSİNE LOJİSTİĞİN KAYNAKLARI                 | 31 |
| 1.6.1. Çevresel Konular                            | 31 |
| 1.6.2. Ekonomik Sebepler                           | 32 |
| 1.6.3. Mevzuat                                     | 33 |
| 1.6.4. Kurumsal Vatandaşlık                        | 33 |
| 1.7. TERSİNE LOJİSTİĞE KONU OLAN ÜRÜNLER           | 35 |
| 1.7.1. Ürün Bileşimi                               | 36 |
| 1.7.2. Bozulma                                     | 37 |
| 1.7.3. Kullanım Şekli                              | 37 |
| 1.8. TERSİNE LOJİSTİK VE GERİ KAZANIM UYGULAMALARI | 38 |

## **İKİNCİ BÖLÜM**

### **GENETİK ALGORİTMA**

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 2.1. GENETİK ALGORİTMA KAVRAMI VE GELİŞİMİ              | 41 |
| 2.2. GENETİK ALGORİTMANIN UYGULAMA ALANLARI             | 43 |
| 2.3. GENETİK ALGORİTMANIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI | 45 |
| 2.4. GENETİK ALGORİTMANIN TEMEL BİLEŞENLERİ             | 47 |
| 2.4.1. Kromozom                                         | 47 |
| 2.4.1.1. İkili Kodlama                                  | 48 |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.1.2. Permütasyon Kodlama                                   | 49 |
| 2.4.2. Gen                                                     | 50 |
| 2.4.3. Topluluk Büyüklüğü                                      | 50 |
| 2.4.4. Uygunluk Değeri ve Uygunluk Fonksiyonu                  | 51 |
| 2.5. GENETİK OPERATÖRLER                                       | 51 |
| 2.5.1. Seçilim                                                 | 51 |
| 2.5.1.1. Rulet Seçilimi                                        | 52 |
| 2.5.1.2. Turnuva Seçilimi                                      | 53 |
| 2.5.1.3. Sıralı Seçilim                                        | 54 |
| 2.5.2. Çaprazlama                                              | 54 |
| 2.5.3. Mutasyon                                                | 56 |
| 2.5.4. Çaprazlama ve Mutasyon Olasılığı                        | 57 |
| 2.6. GENETİK ALGORİTMADA SONLANDIRMA KOŞULU                    | 57 |
| 2.7. GENETİK ALGORİTMA AŞAMALARI VE AKIŞ ŞEMASI                | 58 |
| 2.8. GENETİK ALGORİTMANIN PERFORMANSINI ETKİLEYEN<br>FAKTÖRLER | 61 |
| 2.9. GENETİK ALGORİTMA VE GEZGİN SATICI PROBLEMİ               | 62 |
| 2.9.1. Gezgini Satıcı Problemi Kavramı                         | 62 |
| 2.9.2. 2-Opt Yerel Arama Metodu                                | 62 |
| 2.9.3. Gezgini Satıcı Problemi ve Genetik Algoritma            | 63 |

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

#### EVSEL İLAÇ ATIKLARININ TOPLANMASI PROJESİNDEKİ TERSİNE LOJİSTİK SÜRECİNİN MODELLENMESİ İÇİN GENETİK ALGORİTMALARIN KULLANILMASI ÜZERİNE BİR UYGULAMA

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 3.1. İLAÇ SEKTÖRÜNÜN GENEL YAPISI | 65 |
| 3.2. TÜRKİYE’DE İLAÇ SEKTÖRÜ      | 67 |
| 3.2.1. Üretim                     | 68 |
| 3.2.2. İlaç Pazarı                | 69 |
| 3.2.3. Dış Ticaret                | 70 |
| 3.2.4. AR-GE                      | 71 |

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 3.2.5. İstihdam                                     | 73  |
| 3.3. İLAÇ KULLANIM DAVRANIŞLARI                     | 74  |
| 3.4. İLAÇ DAĞITIM KANALLARI                         | 75  |
| 3.4.1. Ecza Depoları                                | 76  |
| 3.4.2. Eczaneler                                    | 77  |
| 3.5. EVSEL İLAÇ ATIKLARI                            | 79  |
| 3.5.1. Evsel İlaç Atıklarının Önemi                 | 79  |
| 3.5.2. Evsel İlaç Atıklarının Toplanması            | 80  |
| 3.5.3. Mevcut Uygulamalar                           | 82  |
| 3.5.3.1. Türkiye’deki Uygulama                      | 82  |
| 3.5.3.2. Dünyadaki Uygulamalar                      | 83  |
| 3.6. EVSEL İLAÇ ATIKLARININ TOPLANMASI PROJESİ      | 85  |
| 3.6.1. Tanıtım ve Eğitim Faaliyetleri               | 85  |
| 3.6.2. Toplama ve Ayırıştırma                       | 86  |
| 3.6.3. Tersine Lojistik Süreci ve Problemin Kapsamı | 87  |
| 3.7. YAZILIMIN GELİŞTİRİLMESİ                       | 89  |
| 3.7.1. Yararlanılan Araçlar ve Metotlar             | 89  |
| 3.7.1.1. .Net Yazılım Geliştirme Ortamı             | 89  |
| 3.7.1.2. C# Nesne Tabanlı Programlama Dili          | 90  |
| 3.7.1.3. Genetik Algoritma ve 2-Opt                 | 91  |
| 3.7.2. Yazılım Süreci                               | 91  |
| 3.7.2.1. Uygulama Verileri                          | 91  |
| 3.7.2.2. Temel Sınıflar                             | 93  |
| 3.7.2.3. Koordinatların Belirlenmesi                | 94  |
| 3.7.2.4. Mesafelerin Hesaplanması                   | 95  |
| 3.7.2.5. Kromozomlar ve Popülasyon                  | 96  |
| 3.7.2.6. Uygunluk Fonksiyonu ve Uygunluk Değerleri  | 97  |
| 3.7.2.7. Çaprazlama İşlemi                          | 97  |
| 3.7.2.8. 2-Opt Yerel Arama Metodu                   | 100 |
| 3.7.2.9. Yazılımın Arayüzü                          | 102 |
| 3.7.2.10. Rotasyon Belirleme                        | 103 |
| 3.7.2.11. Simülasyon Uygulaması                     | 106 |

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 3.8. TAŞIMA MODELLERİ                                 | 109 |
| 3.8.1. Atık Taşıma Lisansı Bulunmayan Araç İle Taşıma | 109 |
| 3.8.2. Atık Taşıma Lisansı Bulunan Araç İle Taşıma    | 110 |
| 3.8.3. İkinci Deponun Eklenmesi                       | 111 |
| 3.8.4. Sonuçların Değerlendirilmesi                   | 113 |
| SONUÇ                                                 | 116 |
| KAYNAKÇA                                              | 122 |
| EKLER                                                 |     |

## KISALTMALAR

|               |                                                                                                                                                                          |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ABD</b>    | Amerika Birleşik Devletleri                                                                                                                                              |
| <b>AIDS</b>   | Acquired Immune Deficiency Syndrome (Edinilmiş Bağışıklık Yetersizliği Sendromu)                                                                                         |
| <b>Ar-Ge</b>  | Araştırma-Geliştirme                                                                                                                                                     |
| <b>B2B</b>    | Business to Business (İşletmeler Arası Ticaret)                                                                                                                          |
| <b>B2C</b>    | Business to Customer (İşletmeden Tüketicie)                                                                                                                              |
| <b>ÇEKOOP</b> | Çevreci Eczacılar Kooperatifi                                                                                                                                            |
| <b>DNA</b>    | Deoksiribonükleik Asit (Tüm organizmalar ve bazı virüslerin canlılık işlevleri ve biyolojik gelişmeleri için gerekli olan genetik talimatları taşıyan bir nükleik asit.) |
| <b>EÇEV</b>   | Ege Çağdaş Eğitim Vakfı                                                                                                                                                  |
| <b>EDAK</b>   | Eczacılar Üretim, Temin ve Dağıtım Kooperatifi                                                                                                                           |
| <b>EMA</b>    | European Medicines Agency (Avrupa İlaç Kurumu)                                                                                                                           |
| <b>FDA</b>    | U.S. Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)                                                                                                        |
| <b>GMP</b>    | Good Manufacturing Practice (İyi Üretim Uygulamaları)                                                                                                                    |
| <b>GSMH</b>   | Gayri Safi Milli Hâsıla                                                                                                                                                  |
| <b>GSP</b>    | Gezgin Satıcı Problemi                                                                                                                                                   |
| <b>NP</b>     | Non-Deterministic Polynomial (Belirleyici Olmayan Polinom)                                                                                                               |
| <b>s.</b>     | Sayfa No                                                                                                                                                                 |
| <b>ss.</b>    | Sayfadan Sayfaya                                                                                                                                                         |
| <b>TEB</b>    | Türk Eczacıları Birliği                                                                                                                                                  |
| <b>WHO</b>    | World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)                                                                                                                          |

## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                            |      |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Tablo 1:</b> İleri ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar               | s.20 |
| <b>Tablo 2:</b> Tersine Lojistikte Maliyet Düzeyi                          | s.21 |
| <b>Tablo 3:</b> Geri Kazanım Seçeneklerinin Karşılaştırılması              | s.29 |
| <b>Tablo 4:</b> Sektörlere Göre Örnek Geri Kazanım Oranları                | s.36 |
| <b>Tablo 5:</b> Sanayi Sektörüne Göre Yeniden Üretim Firmalarının Dağılımı | s.39 |
| <b>Tablo 6:</b> İkili Kodlama İle Oluşturulmuş Kromozomlar                 | s.48 |
| <b>Tablo 7:</b> Permütasyon Kodlama İle Oluşturulmuş Kromozomlar           | s.49 |
| <b>Tablo 8:</b> Turnuva Seçilimi Örneği                                    | s.53 |
| <b>Tablo 9:</b> Mutasyon İşlemi                                            | s.56 |
| <b>Tablo 10:</b> Türkiye Farmasötik Sektör İstihdamı                       | s.73 |
| <b>Tablo 11:</b> Yıllara Göre Eczane Sayıları                              | s.78 |
| <b>Tablo 12:</b> İhtiyaç Duyulan Veriler                                   | s.92 |
| <b>Tablo 13:</b> Eczanelere Ait Örnek Veriler                              | s.92 |
| <b>Tablo 14:</b> Depolara Ait Örnek Veriler                                | s.92 |
| <b>Tablo 15:</b> Yazılımda Kullanılan Temel Sınıflar                       | s.93 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                                            |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Şekil 1:</b> Lojistik Yönetiminin Grafikselsel Gösterimi                                                | s.13  |
| <b>Şekil 2:</b> İleri ve Tersine Lojistik Arasındaki İlişki                                                | s.18  |
| <b>Şekil 3:</b> Tersine Lojistik Ağlarında İşlem Adımları                                                  | s.23  |
| <b>Şekil 4:</b> Tersine Lojistik Süreci                                                                    | s.24  |
| <b>Şekil 5:</b> Geri Kazanım Seçenekleri Ters Piramidi                                                     | s.25  |
| <b>Şekil 6:</b> Çaprazlama İşleminin Şematik Gösterimi                                                     | s.55  |
| <b>Şekil 7:</b> Özet Genetik Algoritmanın Sözde-Kodu                                                       | s.59  |
| <b>Şekil 8:</b> Genetik Algoritma Akış Şeması                                                              | s.60  |
| <b>Şekil 9:</b> 2-Opt Yerel Arama Metodunun Şematik Gösterimi                                              | s.63  |
| <b>Şekil 10:</b> Kişi Başına İlaç Tüketimi - 2010 (Dolar Bazında)                                          | s.66  |
| <b>Şekil 11:</b> Reçeteli İlaç Pazarı                                                                      | s.70  |
| <b>Şekil 12:</b> 2001-2011 Arası Dış Ticaret Rakamları                                                     | s.71  |
| <b>Şekil 13:</b> "Üretici/İthalatçı - Dağıtım Kanalı - Eczane" Zinciri ve "Eczane - Hekim - Hasta" Halkası | s.75  |
| <b>Şekil 14:</b> Dağıtım Pazarında Depoların Yaklaşık Payları                                              | s.77  |
| <b>Şekil 15:</b> Eczane Sayısına Göre Bölgeler Arası Dağılım                                               | s.78  |
| <b>Şekil 16:</b> Projenin Tersine Lojistik Süreci                                                          | s.88  |
| <b>Şekil 17:</b> Koordinatların Belirlenmesi                                                               | s.94  |
| <b>Şekil 18:</b> Açgözlü Altı Çaprazlama Yöntemi                                                           | s.98  |
| <b>Şekil 19:</b> Yazılımın Arayüzü                                                                         | s.102 |
| <b>Şekil 20:</b> Eczanelere Ait Verilerin Yüklenmesi                                                       | s.103 |
| <b>Şekil 21:</b> Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması                                                    | s.104 |
| <b>Şekil 22:</b> Rotasyon Belirleme Sonucu                                                                 | s.105 |
| <b>Şekil 23:</b> En İyi Rotasyon                                                                           | s.105 |
| <b>Şekil 24:</b> Simülasyon Akış Diyagramı                                                                 | s.107 |
| <b>Şekil 25:</b> Simülasyon Sonuçlarının Listelenmesi                                                      | s.107 |
| <b>Şekil 26:</b> Lisanssız Araçla Taşıma Modeli                                                            | s.110 |
| <b>Şekil 27:</b> Lisanslı Araçla Taşıma Modeli                                                             | s.111 |
| <b>Şekil 28:</b> İki Geçici Depo Bulunmasına Yönelik Model                                                 | s.112 |

## **EKLER LİSTESİ**

|                                                   |        |
|---------------------------------------------------|--------|
| <b>EK 1:</b> Geçici Deponun Fotoğrafları          | ek s.1 |
| <b>EK 2:</b> Yükleme ve Taşıma Faaliyetleri       | ek s.2 |
| <b>EK 3:</b> Örnek Veriler (Eczaneler ve Depolar) | ek s.3 |
| <b>EK 4:</b> Hesaplama Sonuçları                  | ek s.5 |



## GİRİŞ

İlk çağlardan beri insanlar imkânlar dâhilinde çeşitli yöntemlerle istek ve ihtiyaçlarını karşılamak için çalışmışlardır. Bu yöntemler üretime dönüştüğünde ticaret kavramı gündeme gelmiştir. Üretim teknikleri, buharlı makinenin icadı ve sanayi devrimi sonrasında ise büyük değişimlere uğramış ve büyük fabrikalar ortaya çıkmıştır. Bu sayede bireysel çabalarla üretilemeyecek nitelikte ve sayıda ürün üretilmeye başlanmıştır. Ancak nüfusun ve kitlesel üretimin artması, çevresel sorunların da ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu çevresel sorunlar kısa sürede anlaşılamamış olsa da son 20-30 yıl içinde yapılan bilimsel araştırmalar sonucu fark edilmeye başlanmış, çevresel sorumluluğu işletmeler ve bireyler için vazgeçilmez bir unsur haline getirmiştir.

Çevresel sorunlar, rekabet, maliyet unsurları gibi sebeplerle lojistik kavramına tersine lojistik kavramı eklenmiştir. Tersine lojistik, işletmelerin çevresel konular, ekonomik sebepler, yasal zorunluluklar ve kurumsal vatandaşlık sebepleriyle faaliyetlerine dâhil ettikleri bir süreçtir. Tersine lojistik, aslında ekonomik ve yasal sebeplerle yapılan bir iş gibi düşünülse de temel olarak çevresel amaçlarla gerçekleştirilmektedir. Çünkü tersine lojistiği yönlendiren yasalar ve diğer sebepler de çevresel kaygıların birer sonucudur.

Tersine lojistik ilk bakışta sadece son tüketicilerden hatalı ürünlerin geri alınması ile başlayan, geri kazanım noktasına kadar uzanan bir süreç olarak algılanmaktadır. Aslında tersine lojistik kavramı bundan daha fazlasını kapsamaktadır. Tersine lojistik; söz konusu ürünün, ürün bileşimi, bozulma ve kullanım şekli gibi sebeplerle üretim ve dağıtım sürecinde veya müşteriye ulaştıktan sonra geri dönmesini ve yapısına göre onarım, yenileme, yeniden üretim, yamyamlama (parça kazanımı), geri dönüşüm gibi işlemlerle değer katılmasını ve gerekirse uygun şekilde bertaraf edilmesini kapsayan faaliyetlerin etkin ve verimli şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolüdür.

Tersine lojistik sürecinin etkinliği için dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Bunlardan birincisi ileri ve geri lojistikte yer alacak aktörlerdir. Tersine lojistikte, ileri lojistikte yer alan aktörlerin yer alması maliyeti düşürebileceği gibi bilgi ve deneyim birikimi ile konudan çok fazla uzaklaşmadan tersine lojistik

faaliyetinin gerçekleştirilebilmesini sağlar. Bu sayede kapalı sistemde lojistik yönetimi mümkün hale gelir.

Tersine lojistikte bir diğer önemli unsur ayrıştırma ve geri kazanım seçeneğinin belirlenmesidir. Ayrıştırma işlemi ile ürünler niteliklerine göre sınıflandırılırlar. Bu sayede her ürün veya malzeme en yüksek faydayı sağlayacak biçimde geri kazanım işlemine tabi tutulabilir. Tersine lojistiğin esas amacının ortaya çıkan atığın minimize edilmesi olduğu düşünüldüğünde, ayrıştırma seçeneklerinin son derece titiz bir şekilde değerlendirilmesi gerektiği görülebilir.

Atıkların önemli bir sorun oluşturduğu alanlardan bir tanesi evsel ilaç atıklarıdır. Evsel ilaç atıklarının temel özelliği, hane halkı tarafından kullanılmayan ve tarihi geçmiş ilaçlar olmalarıdır. Evsel ilaç atıkları, kanalizasyona veya çöpe atıldığında zaman içerisinde çevresel zararlara sebep olmaktadır. Fark edilmeleri çok güç olduğu için bu konuda önlem alınması çok uzun zaman almıştır ve halen çoğu ülkede düzenli bir toplama sistemi mevcut değildir.

Bu tezde, TEB (Türk Eczacıları Birliği) 3. Bölge İzmir Eczacılık Odasının 2009 yılında başlattığı, pek çok kişi ve kuruluş tarafından desteklenen “Evsel İlaç Atıklarının Biriktirilmesi ve İmhası Projesi” ele alınmaktadır. Proje, İzmir Kalkınma Ajansı’na başvuran 234 proje arasında başarılı bulunan 71 projeden biri olarak fon almaya hak kazanmış olup, Buca Belediyesi tarafından sponsorluk desteği almaktadır. Projenin amacı, evlerde kullanılmayan veya miadı dolmuş atık statüsündeki ilaçların eczanelerde kurulan özel bir sistemle geri toplanması ve uygun şekilde bertaraf edilmesidir. Türkiye’de ilk olarak İzmir’de başlatılan projenin tüm ülkeye yayılması amaçlanmaktadır. Projenin başarısı için öncelikle halkın bilinçlendirilmesi, konunun öneminin aktarılması gerekmektedir. Bunun için el ilanları ve broşürler dağıtılmakta, eğitimler verilmekte ve benzeri girişimlerde bulunmaktadır. Evsel ilaç atıklarının toplanmasında başlangıç noktasını hane halkı oluşturduğu için bu gibi faaliyetler önem arz etmektedir.

Evsel ilaç atıklarının toplanıp bertaraf edilebilmesi için bir tersine lojistik ağı oluşturulmuştur. Buna göre ilk aşama hane halkının evlerinde kullanmadıkları veya tarihi geçmiş ilaçları belirli eczanelere bırakmasıdır. Bu eczaneler ÇEKOOP (Çevreci Eczacılar Kooperatifi) üyesi gönüllü eczanelerdir ve sayıları yaklaşık olarak 200’dür. Bu eczanelerde ÇEKOOP tarafından dağıtılan konteynırlar bulunmaktadır.

Konteynırlar 0,80m<sup>3</sup> hacmine sahiptir ve kilitli olduğu için içeriğine yalnızca yetkili kişilerce erişim sağlanabilmektedir.

Gönüllü eczanelerde bulunan konteynırlar zaman zaman dolmakta ve boşaltılması gerekmektedir. Bunun için EDAK (Eczacılar Üretim, Temin ve Dağıtım Kooperatifi) tarafından ücretsiz olarak tahsis edilen araç ile eczanelerdeki konteynırlarda biriken atık ilaçlar toplanmakta, Buca Belediyesi tarafından kullanıma sunulan 300m<sup>2</sup> genişliğindeki geçici depoya taşınmaktadır. Geçici depoda toplanan atık ilaçlar ayrıştırma işleminden sonra uygun şekilde bertaraf edilmesi amacıyla il dışındaki imha merkezlerine gönderilmektedir.

Yapılan çalışmada hane halkı tarafından gönüllü eczanelere bırakılan atık ilaçların eczanelerden geçici depoya taşınması aşaması ele alınmaktadır. Bu aşamanın önemi, eczane sayısının fazla oluşundan kaynaklanmaktadır. Yaklaşık 200 eczaneden atık ilaçların toplanması literatürde gezgin satıcı problemi olarak bilinen problem kapsamında yer almaktadır. Buna göre her bir noktaya bir kere uğramak koşulu ile en az maliyetle veya en kısa mesafede bütün noktaların dolaşılması gerekir. Kesin sonuca ulaşmayı sağlayan optimizasyon teknikleri ile çözümün çok zor olduğu bu problemin çözümünde genetik algoritmalarından yararlanılmıştır.

Araştırmanın probleme uygun hale getirilmesi için bir yazılım tasarlanmıştır. Oluşturulan üç farklı taşıma modeli yazılım yardımıyla karşılaştırılmıştır. Yazılım iki bölümden oluşmaktadır. Öncelikle genetik algoritma ve bir yerel arama metodunun birleşiminden oluşan melez algoritma ile rotasyon belirleme işlemi yapılmaktadır. İkinci aşamada ise simülasyon ile modellerin mevcut veriler üzerinden akış diyagramına göre sonuç değerleri hesaplanmıştır.

Genetik algoritmalar, Darwin'in evrim teorisine dayalı geliştirilmiş sezgisel algoritmalarlardır. İşleyiş mantığına göre öncelikle bir çözüm setinden oluşan popülasyon oluşturulmaktadır. Popülasyondaki her bir çözüm, bir kromozom olarak isimlendirilir ve bir rotasyondaki sıralamayı temsil eder. Bu popülasyon daha sonra nesilden nesile geliştirilir, yani örnek uzayda arama yapılır. Durma koşulu sağlanıncaya kadar bu işlem devam eder. Çözümlerin değerlerinin iyi olup olmadığını gösteren bir uygunluk fonksiyonu ve her bir çözümün bir uygunluk değeri bulunur. Karşılaştırmayı sağlayan tek şey uygunluk değeri olduğundan fonksiyonun doğru belirlenmesi gerekir. Yazılımın uygunluk fonksiyonu taşıma mesafesi

üzerinden hesaplanmaktadır. Bunun için art arda gelen noktalar arasındaki mesafeler toplanarak uygunluk değerleri bulunur. Noktalar arası mesafelerin bulunabilmesi için öncelikle eczanelere ait koordinatlar bulunmuş, ardından Excel dosyasına kaydedilmiştir. Koordinatlara dayalı yapılan hesaplama ile optimizasyon işlemi yapılabilir.

Genetik algoritma yardımıyla rotasyon belirleme işleminden sonra problem kapsamındaki taşımanın mantığı bir akış diyagramı ile simülasyon haline getirilmiştir. Taşıma kısıtı ve depolara ait bilgilerin ışığında yapılan simülasyon işlemi, her modele göre farklı sonuçlar vermektedir.

Tez üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde lojistik ve tersine lojistik kavramları üzerinde durulmaktadır. Lojistiğin tanımı, özellikleri, lojistik yönetiminin temel öğeleri, tersine lojistik süreci, geri kazanım seçenekleri, tersine lojistiğin kaynakları, konu olan ürünler ve diğer konulara değinilmektedir.

İkinci bölümde genetik algoritmalar işlenmektedir. Genetik algoritmaların ortaya çıkışı, özellikleri, bileşenleri ve temel işleyişi anlatılmaktadır. Ayrıca tezin uygulamasında yer alan gezgin satıcı problemi ve 2-Opt yerel arama metodu açıklanmaktadır.

Tezin son bölümünde öncelikle ilaç sektörü ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Sektörün durumu, ilaç kullanım davranışları ve evsel ilaç atıkları konularına değinildikten sonra tez kapsamındaki proje hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra evsel ilaç atıklarının toplanması projesinin tersine lojistik sürecinde genetik algoritmanın kullanılmasına yönelik bir yazılım geliştirilmiş ve üç farklı taşıma modelinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Üç farklı taşıma modelinin ilki, atık taşıma lisansının bulunmaması ve sadece tek bir depoya taşıma yapılması durumunu, ikinci model, atık taşıma lisansının bulunması ve tek bir depoya taşıma yapılmasını, sonuncu model ise atık taşıma lisansının bulunmaması ve birbirinden farklı iki depoya taşıma yapılması durumunu temsil etmektedir. Bu modeller arasındaki temel farklar taşıma kısıtı ve depo sayısındaki değişime dayanmaktadır. Taşıma kısıtı, atık taşıma lisansı olmayan araçlara özgü yasal sınır olan 50kg'dır. Bu sınır mevcut olduğunda aracın atık ilaçları bırakması için depoya daha sık uğraması gerekmektedir. Dolayısıyla kat edilen mesafe artmakta ve maliyette artış meydana gelmektedir. Depo sayısındaki farklılığı

da benzer şekilde aracın depoya kat ettiği mesafenin azaltılması amacını gütmektedir.  modelde farklı maliyet ortalamaları ortaya çıkmaktadır.

Verilecek kararlar, modeller arasında ortaya çıkan maliyet farklarına göre araca atık taşıma lisansının alınıp alınmaması, ek depo yapılıp yapılmaması gibi stratejik kararlar olabileceği gibi, genetik algoritmadan yararlanılmasının bir avantajı olmak üzere hızlı hesaplama ve farklı alternatiflerin belirlenmesine dayalı taktik kararlar olabilir. Bu gibi kararlara destek olması amacıyla literatüre ve pratik uygulamalara yönelik olarak yapılacak çalışmalarda bu tezin bir kaynak teşkil etmesi düşünülmektedir.

## **BİRİNCİ BÖLÜM**

### **TERSİNE LOJİSTİK**

#### **1.1. LOJİSTİK KAVRAMI**

Lojistik, aslında çok eski bir uygulamayı tanımlayan yeni sayılabilecek bir kavramdır. Milattan önce 2700 yıllarında; 146 metre yüksekliğinde ve 6 milyon ton ağırlığındaki Gize Piramidinin inşası için dev taşların taşınması bilinen en eski lojistik mucizelerindendir. Bundan iki bin yıl sonra, M.Ö. 700 yıllarında Büyük İskender'in kıtaları aşan donanması yine binlerce yıl öncesinin mükemmel lojistik faaliyetlerindendir (Tek ve Karaduman, 2012: 5).

Lojistik kavramının askeri literatürde çok eski bir geçmişe sahip olduğu bilinmektedir; iş literatürüne ise yakın bir zamanda girmiştir. İş literatürüyle birlikte, bu sektörün gerektirdiği hizmetleri sağlayabilmek için faaliyet, içerik ve konu alanları geliştirilmiş; yeni bir hizmet anlayışı ortaya çıkmıştır. Küreselleşmeyle beraber, dünyada yaşanan hızlı ve sürekli gelişmeler, artan rekabet ortamı, lojistik kavramında da değişiklikler meydana getirmiştir. Tüketici gereksinimlerini karşılayabilmek için hammaddenin, nihai mamulün veya ilgili bilginin çıkış noktasından nihai tüketim noktasına kadar etkin ve masrafları en aza indirilmiş bir şekilde ulaşabilmesi, lojistiğin hedeflerinden biri olarak ortaya çıkmıştır (Beşli, 2004: 12).

Lojistik sektöründe yapılan harcamalara ilişkin veriler, konunun önemini gözler önüne sermektedir. Yapılan bir araştırmaya göre, 2002 yılı için Amerikan ekonomisinin toplam lojistik harcaması 910 Milyar \$ (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla'nın %8,7'sine eşittir) olarak tespit edilmiştir. Başlıca lojistik harcamaları; nakliye maliyetleri (571 Milyar \$), stok bulundurma maliyetleri (298 Milyar \$) ve diğer maliyetlerden (41 Milyar \$) oluşmaktadır (Baki, 2002: 16).

Lojistik, kelime kökü itibariyle Latin dilinden "lojik" (mantık) ve "statistics" (istatistik) kelimelerinin birleşmesinden meydana gelmiştir ki lügat manası mantıki istatistik (hesap) tır (Tunçbilek, 2002: 42).

Lojistik, bir ürün veya hizmetin üretimi ve dağıtılmasıyla ilgili olarak tüm maddi temelli işlevleri sevk ve idare eder. Lojistikte amaç; firmanın varlığını

sürdürebilmesi açısından organizasyonu kalite, fiyat, zaman ve hizmet gibi hayati pazar değişkenlerine karşı dayanıklı hale getirmektir (Çancı ve Erdal, 2003: 35).

Lojistik uzun bir süre malların fiziksel dağıtımı olarak kabul edilmiştir. Bugün ise çok çeşitli fonksiyonları bünyesinde toplamaktadır. Lojistik, çok genel olarak, ürün akışının, akış noktasından varış noktasına kadar planlanması, uygulanması ve kontrolüdür (Timur, 1998: 7).

Lojistik, sadece taşımacılık veya depolama değildir. Taşıma ve depolama, lojistik yönetim zincirinin birer halkasıdır. Lojistik yönetimi çok daha karmaşık bir yapıdır ve hatta sistemin tam kendisidir. Bu sistemin etkili olarak çalışabilmesi için taşıma ve depolama faaliyetleri tek başına yeterli değildir. Lojistik yönetimi, ihtiyaçların tespiti ile başlayan, temini, muhasebesi, depolanması, taşınması ve nihai müşteriye ulaşmasını kapsayan geniş bir faaliyet alanıdır (Tunçbilek, 2002: 44).

Tüm imalat aşamalarında ürün, malzeme, yarı mamul, hizmet ve bilgi gibi tedarik zinciri değerlerinin elde edilmesi, taşınması, stoklanması ve dağıtımı için gerekli olan faaliyetler bütünü olan lojistik; ulaştırma, depolama, malzeme elleçleme, stok yönetimi fonksiyonları gibi iş fonksiyonlarının birleşimi olup pazarlama ve imalat ile yakından ilişkilidir (Ratliff ve Nulty, 1996).

İşletme lojistiğini oluşturan üç temel süreç bulunmaktadır. Bunlar; gelen lojistik (tedarik lojistiği), malzeme lojistiği ve fiziksel dağıtımdır. Gelen lojistik (tedarik lojistiği); hammadde, yardımcı madde vb. girdilerin tedarik kaynağından üretim noktasına ulaşımını kapsar. Malzeme lojistiği, lojistik faaliyetlerin işletme içindeki uygulama alanını kapsar. Fiziksel dağıtım ise; üretilen mamulün, üretim yerinden nihai tüketiciye ulaştırılmasıyla ilgili faaliyetleri kapsar (Baki, 2004: 15).

### **1.1.1. Lojistiğin Tanımı**

Lojistikle ilgili tek bir tanıma rastlamak mümkün değildir. Bunun başlıca nedeni, lojistiğin çok geniş bir sahası olması ve bu yüzden kavrama farklı açılardan bakılabilmesi olsa gerektir (Orhan, 2003: 7). Bilim adamları ve kurumlar lojistik için farklı tanımlar yapsalar da temelde bu tanımlar birbirinden farklı değildir. Lojistik, üretim noktası ile tüketim noktası arasında fark olduğu sürece daima söz konusu olacak bir kavramdır (Tanyaş, 2002: 4).

Lojistik en genel tanımıyla bir ürünü kaynağından (tedarikçi) nihai tüketicisine (müşteriler) ulaştırmak için gerekli tüm faaliyetler olarak tanımlanabilir. Bu faaliyetler tedarik zinciri olarak adlandırılan akış içinde gerçekleştirilir. Geleneksel tedarik zinciri içinde tedarikçiler, üreticiler, toptancı/dağıtımıcılar, mağaza ve müşteriler bulunmaktadır (Orhan, 2003: 7).

1991 yılında Lojistik Yönetim Konseyi (Council of Logistics Management) tarafından yapılan tanıma göre lojistik: Müşteri gereksinimlerini karşılamak amacıyla ürün, hizmet ve ilgili bilgilerin başlangıç noktasından tüketim noktasına etkili ve verimli akışını ve depolanmasını planlama, uygulama ve kontrol sürecidir (<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/346422/logistics>, 02.02.2013).

Lojistik sistemi, müşteri hizmetleri, talep tahmini, dağıtımın ulaştırılması, ürün kontrolü, parça ve servis desteği, satın alma, paketleme, geri dönüşüm, değişim, taşıma ve depolama faaliyetlerini kapsamaktadır. Lojistik, işletmelerin kâr maksimizasyonu amacıyla madde ve malzemeleri, parçaları ve tamamlanan ürünleri stratejik bir şekilde depolayan, akışını sağlayan ve kontrol eden, yönetsel sorumluluk dizayn etmeye yarayan bir sistemdir (Tek ve Karaduman, 2012: 7).

Stok yönetimi açısından lojistik; hammadde, üretilmekte olan madde ve mamullerin ister hareket halinde isterse hareketsiz halde stok kontrolünün etkili biçimde idare edilmesidir (Orhan, 2003: 9).

Lojistik kavramı dış ticarete yönelik kullanıldığında ise kavramın taşıdığı anlam sınırlanmaktadır. Bu durumda lojistik; belirli bir bedel karşılığında müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak nihai bir ürünün ihracatçı ülkedeki üretim yerinden, ithalatçı ülkedeki tüketim noktasına ulaştırılmasını sağlayan tüm faaliyetler ve bunların yönetimi şeklinde ifade edilmektedir (Canitez ve Tümer, 2005: 153).

### **1.1.2. Lojistiğin Tarihsel Gelişimi**

Lojistik faaliyetler, tam olarak binlerce yaşındadır ve organize ticaretin ilk şekillerine kadar geri gitmektedir. Bilimsel olarak lojistiğin ele alınması ise, 1900'lerde tarım ürünlerinin dağıtılması konusuyla dikkat çekmeye başlamış ve



örgütün iş stratejisine bir destek ve zaman ve yer yararı sağlamanın bir yolu olarak değerlendirilmiştir (Tek ve Karaduman, 2012: 8).

Taşımacılık problemlerinin ekonomistler tarafından ele alınması, lojistiğin doğuşunun ekonomi biliminin doğuşuna kadar uzandığının bir kanıtı olarak gösterilebilir. 1850’de Londra’da önemli bir kitap yayımlanmıştır: “Dionysius Lardner: Railway Economy (Demiryolu Ekonomisi): A Treatise on the New Art of Transportation.” Bunu takip eden yetmiş beş yıl içerisinde, birçok önde gelen ekonomist lojistik konusunda birçok tanımlayıcı ve analitik yaklaşım ortaya koymuştur. Taussig, Fetter ve Handley bu alanda çalışmalar yapmış ekonomistlerden en tipik olanlardır (Orhan, 2003: 9).

Geçmişten günümüze lojistik anlayışında yaşanan değişim ve lojistiğin geldiği nokta kronolojik olarak aşağıda sunulmaktadır (Uludağ, 2006: 6-7):

- 1850’de Londra’da Dionysius Lardner: Railway Economy (Demiryolu Ekonomisi): A Treatise on the New Art of Transportation adlı bir kitap yayımlanmıştır. Bu çalışmayı, Taussig, Fetter ve Handley gibi iktisatçıların yaptığı bazı çalışmalar izlemiştir.
- 1956-1965 yılları arasında bütünleşik lojistik kavramı berraklaşmaya başlamıştır.
- 1962 yılında yazar ve yönetim danışmanı olan Peter F. Drucker’ın Fortune Dergisi’nde yayımlanan makalesi dikkatlerin lojistik konusuna çevrilmesine neden olmuştur. Peter F. Drucker, lojistiğin firma verimliliği açısından üst yönetimin gözünde son sınır taşı olduğunu ifade etmiştir.
- 1966-1970 yılları arasında lojistik yönetimiyle ilgili çalışmalar bütünleşik sistemi planlamaya ve daha ziyade bir bölümlemeye gitme yolunda gelişmiştir.
- 1971-1979 yılları arasında lojistik sektöründe yaşanan en önemli gelişme, kamu ve özel sektör firmalarında lojistiğin kurumsallaşmasıdır.
- 1980’li yılların başında lojistik sektöründe daha hızlı bir gelişme yaşanmaya başlamıştır. Bu dönemdeki en önemli gelişmeler; taşımada bağlayıcı kuralların azaltılması, bilgi işlem teknolojisine geçiş ve iletişimde ortaya konan yenilikler olarak sıralanabilir.

- 1980 sonrası dönemde bütünleşik lojistik faaliyetler uygulanmaya başlamıştır.
- 1990'lı yıllar firmaların lojistik maliyetlerini, lojistik hizmetlerinin konsolidasyonu ve dış kaynak kullanımı yoluyla azaltabileceklerinin farkına vardıkları dönemler olarak kabul edilmektedir.

Küresel ticaret eğilimlerinin ortaya çıkardığı bazı fırsatlar ve arayışlar etkisini uluslararası lojistik alanında da göstermiş, müşteri istek ve ihtiyaçları çeşitlenerek artmış, taşımacılık temeline dayanan anlayıştan lojistik işletmeciliği yaklaşımı ön plana çıkmaya başlamıştır (İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi, 2004: 8).

### **1.1.3. Lojistik ve Tedarik Zinciri**

Tedarik zinciri, hammaddenin tedariki aşamasından, ürünlerin son kullanıcılara ulaştırılması aşamasına kadar parçaların/ürünlerin ve bilgilerin akışı ile ilişkili olarak tüm faaliyetleri kapsamakta ve son ürünlerin, müşterilere ulaştırılmasını sağlayan tüm faaliyetler ağı olarak belirtilebilir. Tedarik zinciri, kapsamı ve düzeyi işletmeler arasında farklılıklar göstermekle birlikte, tüm ürünlerin akışı söz konusu olmamakta, ürünlerin dışında, para, kâğıt, bilgi vb. akışı da gerçekleşmektedir (Yüksel, 2009: 74).

Tedarik zinciri, bir işletmenin tedarikçilerinin tedarikçilerinden müşterilerinin müşterilerine kadar uzanan, bir “Tesisler” (depolar, fabrikalar, terminaller, portlar, mağazalar, evler vb.) “Araçlar” (kamyonlar, trenler, uçaklar, gemiler vb.) ve “Lojistik Bilgi Sistemleri” ağıdır. Genelde müşteri ürün/hizmeti satın alan ögedir. Tüketici ise, (bazen müşteri de olabilir) ürünü/hizmeti amaçlanan şekilde kullanan ögedir. Bu durum tedarik zincirinin “müşteri” ile değil “tüketici” ile başladığını ya da bittiğini göstermektedir (Tek ve Karaduman, 2012: 87).

Tedarik zinciri, tedarikçilerden başlayarak, üreticileri, aracıları, dağıtımçıları, satıcı/perakendecileri, müşteri/tüketicileri içeren ve müşteri odaklı bir anlayışla son tüketicinin istek ve gereksinimlerini karşılamaya yönelik olarak bütün bu üyelerin bütünleşik bir şekilde eşgüdümünü amaçlayan bir faaliyettir. Her bir üyenin diğeriyle ilişkisi aşağıda açıklanmıştır (Karaduman, 2009: 13-16):

- a) Tedarikçiler: Tedarik zinciri yönetimi süreci tedarikçilerden üretimde kullanılacak olan hammadde, satılacak olan ticari malın, ya da verilecek olan hizmetin temin edilmesiyle başlamakta ya da son bulmaktadır. Tedarikçilerin girdileri, diğer tedarikçiler ya da kendi üretimleri, çıktıları ise diğer tedarikçiler veya üreticilerdir.
- b) Üreticiler: Müşterinin talepleri doğrultusunda gereksinim duyulan ya da istenilen mal/hizmeti müşterinin arzu ettiği şekilde hazırlayan dağıtım kanalı veya ağ üyesidirler. Üreticiler, tedarikçilerden gelen mal/hizmeti girdi olarak kullanırken, ürettikleri çıktı olan ürün/hizmeti dağıtım kanalları aracılığıyla veya doğrudan müşteriye ulaştırmaktadırlar.
- c) Aracılar: Tedarik zinciri içerisinde aracılar, üreticilerin ürettikleri ürünleri kâr elde etmek amacıyla alan, depolayan, konsolide eden ve kendi müşterisi konumunda bulunan satıcılara ulaştıran ögeleri temsil etmektedir.
- d) Dağıtım Kanalı Üyeleri: Tedarik zinciri içerisinde dağıtım ögeleri, araçlardan ya da üreticilerden aldıkları ürünleri satıcılara/perakendecilere, satıcılardan/perakendecilerden aldıkları ürünleri ise müşterilere ulaştırma görevini yerine getiren ögelerdir. Bu ögeler ayrıca geçici ürün depolama görevini de yerine getirmektedir.
- e) Satıcılar/Perakendeciler: Nihai ürünleri satış yerleri, mağazalar vb. aracılığıyla müşteriye ulaştıran tedarik zinciri ögesi “satıcılar/perakendeciler” olarak sınıflandırılmıştır.
- f) Müşteri ve Tüketiciler: Müşteriler/Tüketiciler, tedarik zincirinin son halkasını oluşturmaktadır. Ancak, müşterinin tek başına son halka olup olmadığı bilinmez. Çünkü müşterinin ürünü tüketip tüketmediği bilinmemektedir. Bu durumda, tüketici tedarik zincirinin son halkası, ya da tüm zincirin müşterinin istek ve gereksinimlerini karşılamaya yönelik hareket ettiği düşüncesiyle ve müşteri odaklı bir bakışla ilk halkasını oluşturmaktadır.

Yakın geçmişe kadar birçok uygulayıcı, danışman ve akademisyen tedarik zinciri yönetiminin geleneksel lojistik anlayışından çok farklı olmadığını, tedarik zinciri yönetiminin işletmenin dışındaki müşterileri ve tedarikçileri de kapsayan

lojistik olduğunu söylemişlerdir. Tedarik zinciri yönetimi ve lojistik arasında, tanımda ve pratikte bazı farklılıklar vardır ve her ne kadar iki kelime birçok kez birbirinin yerine kullanılsa da, aynı anlamda değildirler. Lojistik bir örgütteki fiziksel akışların ve bilgi akışlarının planlaması ve yönetimi, tedarik zinciri yönetimi kavramı bu tanıma tedarikçileri ve müşteri de dâhil eden daha kapsamlı bir örgütler ağına genişletir (Tek ve Karaduman, 2012: 97).

#### **1.1.4. Lojistiğin Temel İlkeleri**

Temel lojistik ilkeleri, lojistik faaliyetlerin planlanması ve harekete geçirilmesi için rehber olarak kullanılan değerlerdir. Lojistik sektöründe nakliyenin sorunsuz gerçekleştirilebilmesi, lojistik faaliyetlerin belli standartta sürdürülebilmesine bağlıdır. Temel lojistik ilkeleri aşağıda ayrıntılı olarak incelenmektedir (Koban ve Keser, 2007: 44):

**Standartlık:** Lojistik hizmetlerinin sağlanmasında malzeme, hizmet ve kullanılan yöntemlerin uluslararası standartlarda olması önemlidir. Özellikle demiryolları, konteynırlar, elleçleme ekipmanı, bilişim sistemleri gibi temel lojistik unsurlarında belirli standartlara ulaşılması, globalleşme sürecinde lojistik faaliyetler için büyük önem taşımaktadır.

**Yeterlilik:** Lojistik faaliyetlerde yeterli desteğin sağlanması işletme içi koordinasyonda önem arz etmektedir. İşletme içinde lojistik kaynakların yeterlilik seviyesinde olması maliyet açısından avantaj sağlamaktadır. İşletmede fazla stok bulundurmak yerine hammaddenin sürdürülebilir anlamda karşılanması yeterlilik anlamında örnek teşkil etmektedir.

**Ekonomik Olma:** Ekonomide ana mantık en az masrafla ve en etkin maliyet sistemiyle lojistik desteğin sağlanmasıdır. Kaynakların ihtiyaçların tamamını karşılamada yetersiz kaldığı durumda, ihtiyaç duyulan malın tahsis edilmesinde ekonomik olma faktörü gerek maliyet gerekse zaman açısından önem taşımaktadır.

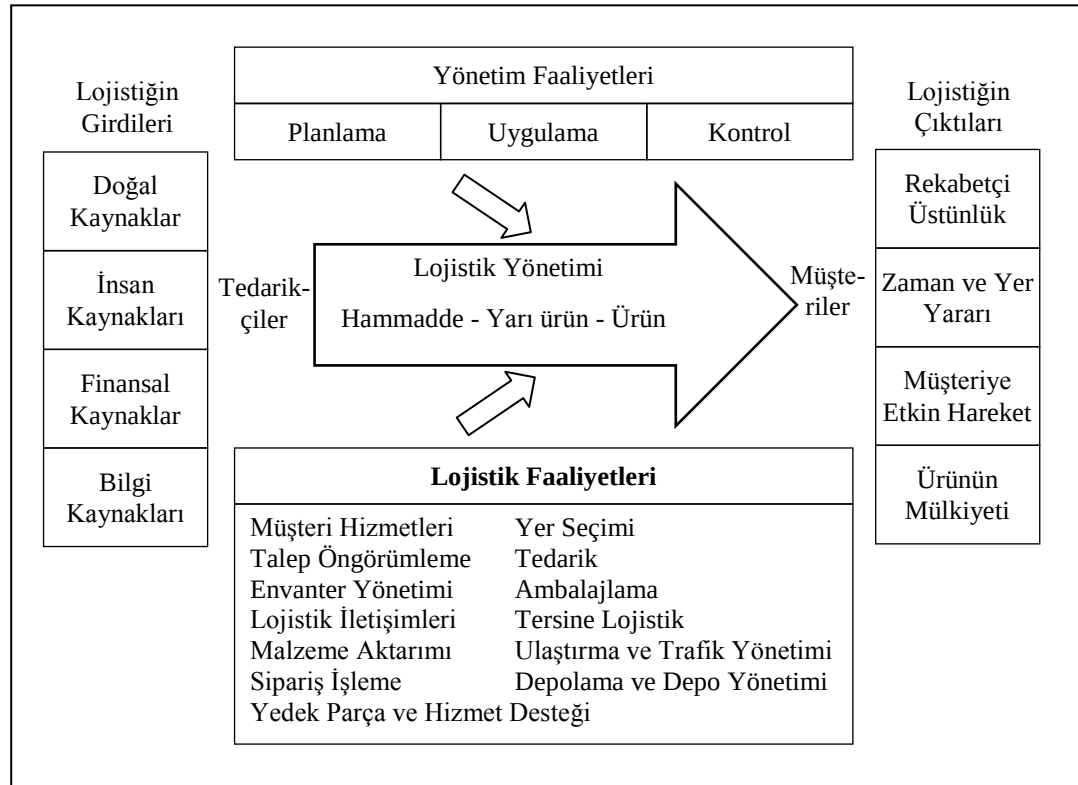
**Esneklik:** Lojistikte teşkilat ve usullerin değişen koşullardan, amaçlardan ve kavramlardan olumsuz etkilenmek yerine onlara uyum sağlayabilecek bir yapı içinde olmalıdır.

**Sadelik:** Karmaşık yapılanmaların yerine en başta planlama olmak üzere lojistiğin tüm alanlarında sadelik esas alınmalıdır. Sadelik süreçlerin etkin bir şekilde işlemesi için önemlidir. Sadeliğin sağlanması etkin kaynak kullanımını olanaklı kılar.

**İzlenebilirlik:** Günümüzde elektronik imkânlarla bilgi işlem teknolojisi kullanılarak tüm operasyonlar izlenebilmekte olup sorunların önceden ya da erken farkına varıp giderilmesinde izlenebilirlik prensibi etkin rol oynar.

**Koordinasyon:** Lojistik desteğin etkin bir şekilde sağlanması için en önemli süreçtir. Lojistik sürecinin etkin bir şekilde işlemesi için planlamacılar ve müşteriler arasında koordinasyon olmalıdır.

**Şekil 1:** Lojistik Yönetiminin Grafikselsel Gösterimi



Kaynak: Tek ve Karaduman, 2012: 8.

#### 1.1.5. Lojistik Yönetimi

Lojistik yönetimi, lojistiği oluşturan faaliyetlerin tümünü bütünleştiren bir anlayış ile planlanması ve yürütülmesini kapsamaktadır. Bu durumda lojistik yönetimi şu şekilde tanımlanabilir: Lojistik yönetimi, müşteri istek ve

gereksinimlerini karşılamak üzere hammaddenin çıkış noktasından ürünün son tüketiciye ulaştığı noktaya kadar ve tam tersi yöndeki malzeme, malzemeye bağlı bilgi, para ve iyelik (mülkiyet) akışlarının planlanması, yürütülmesi ve kontrol edilmesi sürecidir (Tek ve Karaduman, 2012: 7-8). Lojistik yönetimi özet olarak Şekil 1'deki gibidir.

Başlangıçta, sadece taşıma ve depolama hizmetlerini kapsayan lojistik faaliyetler, lojistiğin kapsam ve alanının genişlemesi neticesinde zamanla daha fazla hizmeti kapsayacak şekilde çeşitlenmiştir. Günümüzde lojistik, malzeme nakli ve depolanması dışında; stok yönetimi, paketleme, malzeme elleçleme (taşıma), sipariş işleme, tahmin, üretim planlama, satın alma, müşteri hizmetleri, parça ve hizmet desteği, geri dönen malzemelerin taşınması, atıkların geri kazanılması ve imha edilmesi, fabrikaların ve depoların kuruluş yerlerinin belirlenmesi ve iletişim gibi faaliyetleri kapsayacak şekilde daha geniş bir boyut kazanmıştır (Kobu, 2003: 242). Lojistik yönetiminin başlıca unsurları aşağıdaki başlıklarda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

#### **1.1.5.1. Nakliye**

Nakliye ya da taşımacılık, lojistik yönetimin en önemli faaliyetlerinden biridir. Nakliye, ürünlerin üretildikleri yerden ihtiyaç duyuldukları yere fiziksel hareketidir. Diğer bir ifadeyle, hem tedarikçiden fabrikaya, fabrikadan depoya, depodan depoya taşımayı hem de depodan müşteriye teslimatı içerir (Baki, 2002: 22).

Ürünleri depolara, satıcılara ve müşterilere ulaştırmada kullanılan beş taşımacılık modeli vardır. Bunlar; demiryolu, su yolu, karayolu, havayolu ve boru hattıdır. Bu sistemler; taşıma operatörleri, iç ve dış müşteriler, ekonomik ve sosyal faktörler ile devletin koyduğu yasal çerçeve ile sürekli etkileşim halindedir. Taşıma sistemleri özellikle arz-talep dengesi bakımından uluslararası ve ulusal ekonomik şartlar, hukuki düzenlemeler ve teknoloji gibi dışsal faktörlerden yoğun olarak etkilenmektedir (Çancı ve Erdal, 2003: 25).

### **1.1.5.2. Depolama**

Depolama, belirli nokta/noktalardan gelen ürünlerin/yüklerin teslim alınıp, belirli bir süre korunup, belirli nokta/noktalara gönderilmek üzere hazırlanmasıdır (Çekerol, 2013: 47). Genel işleyiş ve niteliklerine göre depolar, dağıtım merkezleri ve işletme deposu olarak ikiye ayrılmaktadır. Dağıtım merkezleri; eşyaların muhafaza edildiği ve müşteri siparişlerine göre hızlı, sık ve kapsamlı sevkiyatlara elverişli büyük hacimli depolardır. İşletme deposunun fonksiyonu ise; giriş – çıkış ambarları ve ara depolar olmak üzere hammadde, yarı mamul veya tamamlanmış ürünleri, üretim sürecinde kullanılmak üzere ve/veya dağıtım öncesinde stoklamaktır (Çancı ve Erdal, 2003: 84).

### **1.1.5.3. Envanter Yönetimi**

Envanter, ileride doğabilecek ihtiyaçları karşılamak amacıyla malların ya da eşyaların depolanmasıdır (Elbirlik, 2008: 5). Yapılan araştırmalardan envanter (stok) bulundurma giderlerinin envanter değerinin %14 ile %50'si arasında, ortalama olarak da %25 dolayında olduğu saptanmıştır. Bu nedenle üretim ve müşteri gereksinimlerinin karşılanmasında elde yeterli ürün stoku bulundurulmasının önemi büyüktür. Hammadde, malzeme ve ürünlerin elde bulundurulması sadece mekân işgal etmekle kalmaz, aynı zamanda başka yerlerde kullanılabilecek sermayenin envantere bağlı kalmasına neden olur (Tek ve Karaduman, 2012: 23).

Envanter yönetiminin rolü; yakın gelecekte olabilecek talep hakkında tahmin yürütmek ve üretim ile dağıtım maliyetlerinin düşürülmesidir. Envanter yönetimi, ölçek ekonomileri açısından önem arz etmektedir. Taşıma sırasında meydana gelen kayıp ve çalınma oran ve tutumları, envanter kayıtları ile açığa çıkarılabilir. Envanter kontrolü yapmak iki nedenden dolayı zorunludur, bu nedenler aşağıdaki gibidir (Elbirlik, 2008: 5):

- Depolanmış malzemeye ayrılmış olan sermaye miktarının düşürülmesi,
- Depolama yerine ilişkin masrafların azaltılması.

#### **1.1.5.4. Elleçleme**

Elleçleme, malzemelerin depoya taşınması, depoda istiflenip oradan nakliye aracına taşınarak, taşıma işleminin yapılması gibi işlemleri kapsamaktadır. Elleçleme ile kısa mesafeli malzeme taşıma işlemi gerçekleştirilir (Beşli, 2004: 15). Elleçleme; konveyör, forklift, vinç ve konteynır gibi kısa mesafede hareket eden mekanik ekipmanlarla ilgilidir. Taşıma modeline göre elleçleme sistemi ve ölçüleri seçilmektedir (Baki, 2002: 22).

#### **1.1.5.5. Sipariş İşleme**

Sipariş işleme, siparişlerin alınması, siparişlerin müşteri memnuniyetini sağlayacak şekilde yerine ulaşmasının sağlanması aşamalarının bu süre zarfında takibidir. Lojistik yönetiminde kilit rol oynayan unsur, siparişleri yerine getirme bakımından müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmektir. Etkin bir sipariş işleme süreci de firmanın imalat, lojistik ve pazarlama planlarını bütünleştirmesini gerektirir. Firma müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek ve müşteriye toplam teslim maliyetini azaltabilmek için, lojistik yönetimindeki önemli üyelerle ortaklıklarını geliştirmelidir. Ancak bütün bunlar yapıldığında işletme adına etkin bir sipariş işleme sürecinden söz etmek mümkün olabilir (Özdemir, 2004: 92).

#### **1.1.5.6. Ambalajlama**

Ambalajlama, tüm lojistik süreci içerisinde ürünlerin fiziki durumunun ve/veya özelliğinin korunmasını sağlayacak bir unsurdur. Ambalaj şekli ulaştırma şekli ve ürünün özelliği dikkate alarak gerçekleştirilir (Uslu ve Akçadağ, 2012: 152). Ambalajlama, taşıma ve depolama sırasında malları korur ve hasar görmesini engeller. Tüketici, koruyucu ambalajlama sayesinde ürünü hasarsız, tam ve güvenli bir biçimde satın alabilir. Öte yandan ambalajlamada kullanılan malzemelerin gelişmesi, ürünlerin daha iyi ve uzun süre korunmalarını sağlamaktadır. Ürünlerin mağazalardaki raf ömürlerinin artırılması ve özel koruma gerekmeksizin



sergilenmeleri, yeni geliştirilen ambalajlama malzemeleriyle daha kolay olmaktadır (Tenekecioğlu, 2004: 129).

#### **1.1.5.7. Tedarik**

Tedarik, bir işletmenin üretim ve dağıtım faaliyetlerinde etkinliğini sağlayabilmek için gerekli malzeme ve hizmetlerin elde edilmesidir. Bu fonksiyon tedarik kaynaklarının yerlerinin seçimi, alınacak malzemelerin ne şekilde isteneceğinin belirlenmesi, satın alımların zamanlaması, fiyat belirleme, kalite kontrolü ve teslim alma gibi faaliyetleri kapsar. Her işletme ve her kuruluş belirli ölçülerde başka işletmelerin ürün ve hizmetlerine gerek duyar. Bugün tedarik faaliyeti ürün ya da hizmete ait gereksinimin ortaya çıkmasından çok önce, planlama sürecinde başlamaktadır. Bu yönüyle tedariki satın almadan ayırmak gerekmektedir (Tek ve Karaduman, 2012: 25).

#### **1.1.5.8. İletişim**

Doğru, zamanlı, yeterli ve tutarlı iletişim, tüm lojistik sürecini, işletmenin müşterileri ile eşgüdümleyip, bütünleştiren en önemli bağlantıdır. Etkin bir iletişim (1) işletme ile müşteri ve satıcılar, tedarik kaynakları (2) işletmenin temel fonksiyonları (Pazarlama, Üretim, Fiziksel Dağıtım, Finans ve Muhasebe) (3) lojistik ile ilgili çeşitli faaliyetler (müşteri hizmetleri, ulaştırma ve trafik yönetimi, depolama vb.) ve (4) her bir lojistik faaliyetlerinin kendi alt öğeleri (örneğin, envanter kontrolünde, tesis içi envanter, transittteki envanter ve saha depolarındaki envanter) arasında cereyan etmelidir (Tek ve Karaduman, 2012: 22).

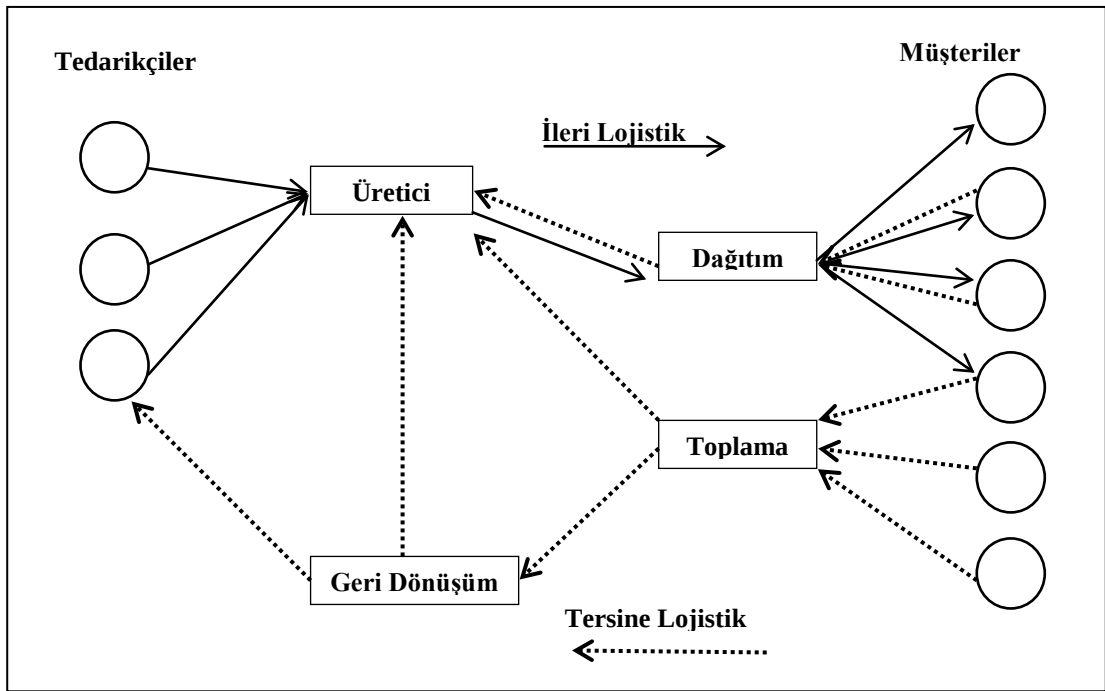
### **1.2. TERSİNE LOJİSTİK KAVRAMI**

Genel olarak; kullanılmış veya istenmeyen ürünlerin işletmeler tarafından kullanıcılardan geri alınıp değerlendirilmesi ve katma değeri olmayan ürünlerin bertaraf edilmesi olarak bilinen tersine lojistik, son zamanlarda giderek artan bir öneme sahiptir. İşletmeler de tersine lojistik faaliyetlerinin maliyetlerini düşürmek,

saygınlık, yasal zorunluluklar ve çevresel sorumluluk gibi sebeplerle bu alanda çeşitli girişimlerde bulunmaktadır.

Tersine lojistik, lojistik faaliyetleri ile ileri akışı sağlanan ürünlerin çeşitli sebeplerle tersine akışa dâhil olması ile gerçekleşir. Tersine lojistik kanalı ile aktarılan ürünler, özelliklerine göre incelendikten sonra farklı geri kazanım seçenekleri uygulanarak değerlendirilirler. İleri ve tersine lojistik arasındaki ilişki Şekil 2’de görülebilir.

**Şekil 2:** İleri ve Tersine Lojistik Arasındaki İlişki



Kaynak: Fleischmann ve diğerleri, 1997.

Tersine lojistik için çeşitli tanımlar yapılmıştır. Fleischmann ve arkadaşlarına göre tersine lojistik, kullanıcılar tarafından daha fazla ihtiyaç duyulmayan ürünlerin pazarda yeniden kullanılabilir ürünlere dönüşmesi için gerekli tüm lojistik faaliyetlerini kapsar. Öncelikle – ve “ters” kavramı ile ilgili olarak – bu süreç kullanılmış ürünlerin son kullanıcıdan üreticiye fiziksel nakliyesini, böylece dağıtım planlaması faaliyetlerini içerir. Sonraki adım dönen ürünlerin üretici tarafından kullanılabilir ürünlere yeniden dönüşümüdür. Lojistik bakış açısı ile bu durum envanter yönetimi konusudur (Fleischmann ve diğerleri, 1997: 2). Bu tanıma göre

tersine lojistiğe konu olan ürünler sadece son kullanıcılardan üreticiye dönen ürünleri kapsamaktadır. Ancak buna lojistik sürecinin herhangi bir noktasında çeşitli sebeplerle geri dönen ürünler de dâhildir. Örneğin, kalite özelliklerini karşılayamayan yarı mamullerin dönüşü de tersine lojistiğin kapsamındadır.

Tersine lojistiğin temel amaçlarından biri atık miktarının en az düzeyde olmasıdır. Bunun için geri akışa konu olan ürünlerin ayrıştırılması sonrasında en yüksek faydayı sağlamak hedeflenir. Yani mümkün olan en yüksek değerin sağlanması gerekir. Ayrıştırma sonucunda herhangi bir değeri olmayan veya zararlı bileşenler ise bertaraf edilir.

Tersine lojistik, kullanılmış ürünlerin değer kazanımı potansiyelinden ötürü büyük ilgi görmektedir. Bunun yanında, mevzuat ve yönergeler, tüketici bilinci ve çevreye karşı sosyal sorumluluk da tersine lojistiğin ilgi görmesinde önemli etkenlerdir (Pokharel ve Mutha, 2009: 176).

Tersine lojistik, atık yönteminden farklıdır. Atık yönetimi temel olarak atıkların (Hiçbir yeni bir kullanımı bulunmayan ürünlerin) etkili ve verimli bir şekilde toplanması ve işlenmesi ile ilgilidir. Bu, ciddi hukuki sonuçları olan önemli bir konudur. Örneğin, genellikle atık ithal etmek yasaktır. Tersine lojistik, geri kazanılacak herhangi bir değer bulunduğu ve sonuçların tedarik zincirine dâhil olduğu akışlara yoğunlaşmaktadır (Brito ve Dekker, 2002: 4).

Tersine lojistik sürdürülebilir kalkınmanın bir parçası olarak görülebilir. Sürdürülebilir kalkınma kavramı Brudland tarafından “Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeterliliklerini riske atmadan mevcut ihtiyaçların karşılanması” olarak tanımlanmıştır (Brito ve Dekker, 2002: 4).

### **1.3. İLERİ VE TERSİNE LOJİSTİK**

Lojistik faaliyetleri, akışa konu olan öğelerin hammaddenin tedarikinden başlayarak son kullanıcılara kadar ulaştırılması ile ilgili faaliyetleri kapsar. Tersine lojistik ise yine tersine akışa konu olan öğeleri kapsar. Lojistiğin geçmişinin çok eskilere dayanmasına karşın tersine lojistiğin önemi yeni yeni anlaşılmaya başlanmıştır. Bu nedenle ileri ve tersine lojistik arasında bilgi birikimi ve deneyim açısından doğal olarak önemli farklar vardır. Lojistik sürecinin her iki yönde

bütünleşik olarak düşünülmesi gerekiyor olsa da işlemlerin ve tersine lojistiğe konu olan öğelerin yapıları gereği çeşitli farklar ortaya çıkmaktadır. Bu farklar Tablo 1’de görülebilir.

İleri ve tersine lojistik ile ilgili ilk fark lojistiğe konu olan ürünlerin miktarlarında kendini göstermektedir. Ürünler ileri lojistikte standardize edilmiş büyük miktarda olmasına rağmen tersine lojistikte düşük miktardadır ve arzu edilen de budur. Tersine akışın karşılanabilmesi için satışların çok daha fazla olması beklenir. İkinci fark olarak, ileri lojistikte otomatik bilgi sistemlerinin kullanılmasına rağmen tersine lojistikte otomatik ve manuel bilgi kombinasyonu kullanılır. Bunun sebebi ise tersine akışların düzensiz ve düşük miktarda olmasıdır. Miktardaki farkların bir diğer etkisi ileri lojistikte daha kısa çevrim zamanına rağmen tersine lojistikte orta ve uzun çevrim zamanları görülmesidir. Tersine lojistikte her bir çevrimin gerçekleşebilmesi için ürünlerin beklenmesi daha fazla zaman almaktadır.

**Tablo 1:** İleri ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar

|                              | <b>Tersine lojistik</b>                 | <b>İleri lojistik</b>                                       |
|------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Miktar</b>                | Düşük miktarda                          | Standardize edilmiş büyük miktarda                          |
| <b>Bilgi İzleme</b>          | Otomatik ve manuel bilgi kombinasyonu   | Kalemleri izlemek için otomatik bilgi sistemleri kullanılır |
| <b>Sipariş Çevrim Zamanı</b> | Orta ve uzun çevrim zamanı              | Daha kısa çevrim zamanı                                     |
| <b>Ürün Değeri</b>           | Orta ve düşük ürün değeri               | Yüksek ürün değeri                                          |
| <b>Envanter Kontrolü</b>     | Odaklı değil                            | Odaklı                                                      |
| <b>Öncelik</b>               | Düşük                                   | Yüksek                                                      |
| <b>Maliyet Elemanları</b>    | Daha gizli                              | Daha şeffaf                                                 |
| <b>Ürün Akışı</b>            | İki yönlü (itme ve çekme)               | Tek yönlü (çekme)                                           |
| <b>Kanal</b>                 | Daha karmaşık ve çeşitli (çok katmanlı) | Daha az karmaşık (tek veya çok katmanlı)                    |

Kaynak: Min ve diğerleri, 2006: 57.

Bir diğer fark, ürün değerindedir. Tersine lojistikte ürünlerin değeri ister istemez daha düşüktür. Ancak bu konuda bazı istisnalar bulunabilir. Örneğin, tersine lojistik faaliyetinin kaynağı fazla üretim olduğunda ürünlerin değeri eşdeğer olsa bile bu sefer marjinal değerleri düşüktür. Envanter kontrolü konusunda da farklılık vardır. Ürünlerin tersine akışı düzensiz ve az miktarda olduğu için tersine lojistikte envanter

kontrolü odaklı değildir. Bunun yanında maliyet elemanları da ileri akışa göre daha gizlidir. Lojistikte büyük miktarda, düzenli ve sistemli bir akış söz konusu olduğu için maliyet elemanları daha şeffaftır. Ürün akışı ileri lojistikte tek yönlü, tersine lojistikte ise iki yönlüdür. Tersine lojistikte akışın gerçekleştiği kanallar daha karmaşık ve çeşitlidir. İleri lojistiğin düzenli olması daha az karmaşık olmasını sağlamaktadır.

Tablo 2 ileri ve tersine lojistik maliyetlerinin karşılaştırmasını yapmaktadır. Tersine lojistikteki en önemli maliyetlerden biri, ulaştırma faaliyetlerine ilişkin maliyettir. Taşınan miktarın az olması, ambalajlamanın düzgün olmaması, ulaştırma maliyetlerinin artmasına neden olur. Stok bulundurma maliyeti ise değişkendir. Daha düşük miktarlarda olduğundan stok maliyetinin daha düşük olması beklenebilir. Ancak, ambalajlamanın düzgün olmaması, bozulmalar ve mevsimsel dalgalanmaların olması ürünün ikinci el pazarlarındaki değerini düşürebilir. Geleneksel stok kontrol yöntemlerinde geçerli olan varsayımların çoğu, tersine lojistikte uygulanamamaktadır. Tersine lojistik kanalına ürün girişleri, satış fiyatı, talep gibi değişkenler ortamın belirsizliğini artırmaktadır (Tek ve Karaduman, 2012: 626).

**Tablo 2:** Tersine Lojistikte Maliyet Düzeyi

| Maliyet kalemleri          | İleri lojistik ile karşılaştırılması                      |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Nakliye                    | Daha yüksektir.                                           |
| Stok bulundurma maliyeti   | Daha azdır.                                               |
| Fire/kayıp                 | Çok azdır.                                                |
| Eskime                     | Daha yüksek olabilir.                                     |
| Toplama                    | Çok yüksek-daha az standartlaştırılmış.                   |
| Sınıflama/kalite tanımlama | Çok daha yüksek.                                          |
| Yenileme/yeniden paketleme | Tersine lojistik için önemlidir, ileri lojistikte yoktur. |

Kaynak: Karaçay, 2005: 325.

İleri lojistikte tedarik zincirindeki taraflarla yani tedarikçi ve satıcı ile anlaşmalar yapılması daha kolaydır. Ancak, tersine lojistikte ürünlerin belli bir standarda sahip olmaması, miktar ve fiyat belirsizliği, talep değişkenliği gibi nedenlerle, anlaşmalar daha karmaşık olacaktır (Tek ve Karaduman, 2012: 626).

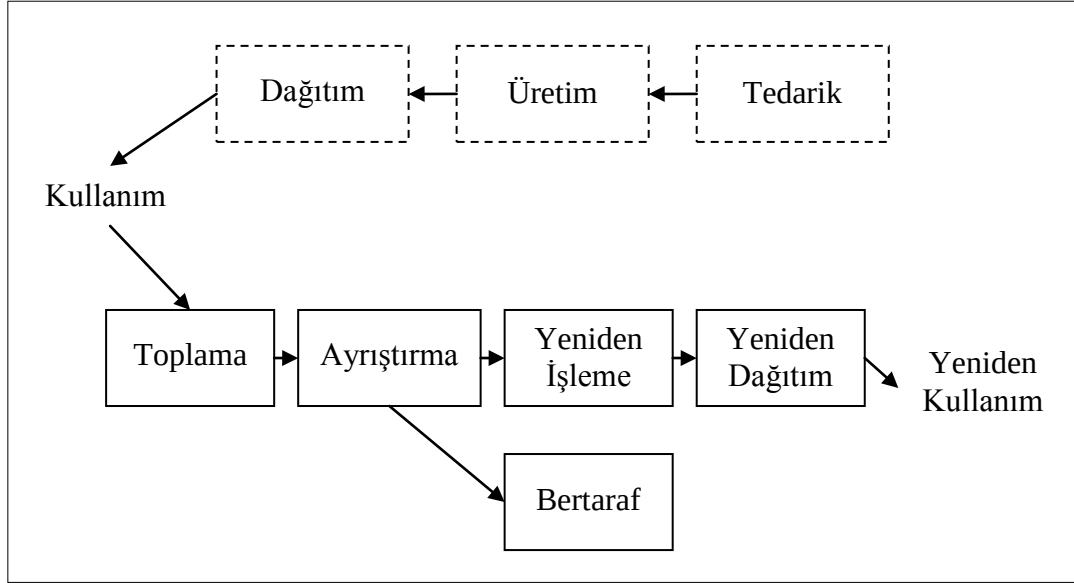
Tersine lojistikte akışın izlenmesi, ileri lojistikle karşılaştırıldığında daha güç olmaktadır. Çünkü işletmelerin bilişim sistemleri, geri dönüşleri takip edecek şekilde tasarlanmamaktadır. Bu durum ürün gelişlerini izlemeyi zorlaştırmakta, kısa dönemli operasyon planları yapılmasını bile oldukça güç kılmaktadır. Merkezî toplama sistemlerinde uygun bilişim sistemlerinin kullanılması, planlayıcıların daha uzun dönemli ve etkin planlar yapmasını sağlayacaktır. İleri ve tersine lojistik hakkındaki bu farklılıkların bilinmesi, işletmelerin ve araştırmacıların uygun tersine lojistik operasyonları tasarlamalarında kolaylık sağlayacaktır (Tek ve Karaduman, 2012: 626).

Geleneksel üretim-dağıtım sisteminde, tedarik, sistemin gereksinimlerine göre kontrol edilebilen içsel bir değişkendir. Tersine lojistikte ise, tedarik büyük oranda dışsal olarak belirlenir ve tahmin edilmesi oldukça güçtür. Böylece, tedarik belirsizliği, tersine ve ileri lojistik zincirleri arasındaki en büyük farklardan biri olarak ortaya çıkmaktadır. İleri lojistik, genel olarak tersine lojistikle olduğu gibi bir "inceleme" aşamasına sahip değildir. Genel olarak, ileri lojistikte mal akımlarının gideceği yer tersine lojistiğe göre daha bellidir. Bu nedenle tersine lojistiğin ağ yapısı daha karmaşık ve birbirlerinden bağımsız olmaktadır (Tek ve Karaduman, 2012: 626-627).

#### **1.4. TERSİNE LOJİSTİK SÜRECİ**

Tersine lojistik süreci, ürünlerin çeşitli sebeplerle tersine akışa katılması ile başlar. Genel olarak bir tersine lojistik süreci Şekil 3'deki gibidir. Son kullanıcıdan yeniden dağıtım faaliyetlerine kadar olan tersine lojistik sürecinde toplama, ayrıştırma, yeniden işleme, yeniden dağıtım gibi adımlar yer almaktadır.

**Şekil 3:** Tersine Lojistik Ağlarında İşlem Adımları



Kaynak: Fleischmann ve diğerleri, 2000: 657.

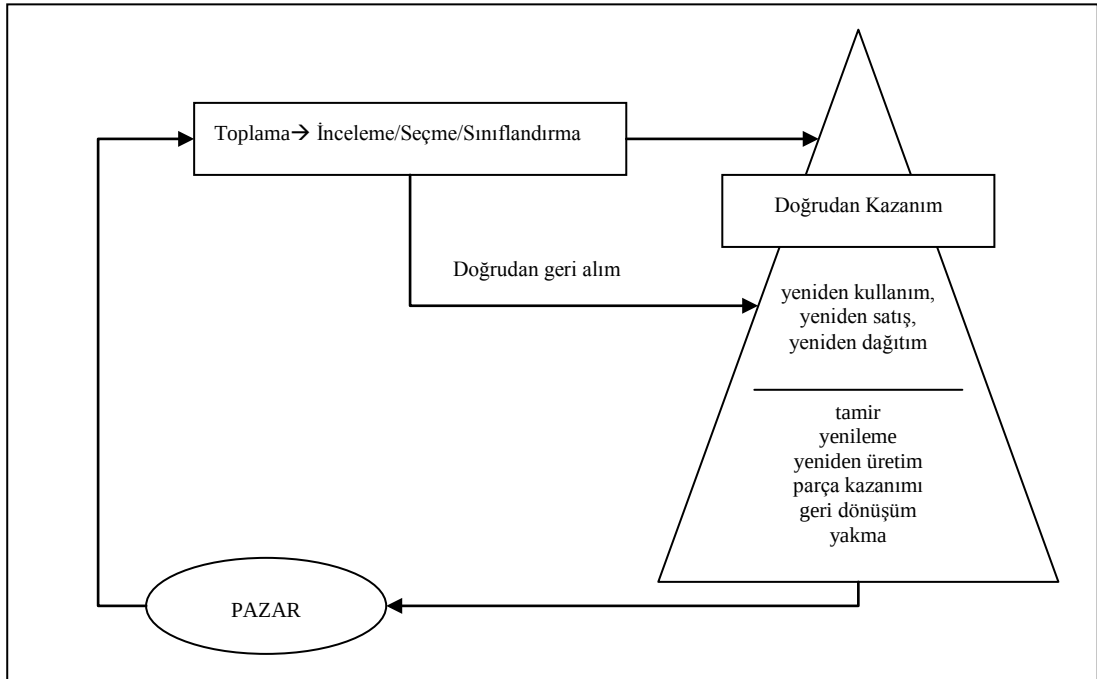
Fleischmann tarafından oluşturulan modelde tersine lojistik ağlarında işlem adımları açıklamaları ile şöyle sıralanabilir (Fleischmann ve diğerleri, 2000: 657-658):

- **Toplama**, mevcut kullanılmış ürünlerin iadesi ve fiziksel olarak bir yerden daha fazla işlemin gerçekleştirilebileceği yere taşınmasına ilişkin tüm aktiviteleri içerir. Genel olarak toplama; satın alma, nakliye ve depolama faaliyetlerini içermektedir.
- **Muayene/Ayrıştırma**, verilen ürünün yeniden kullanılabilirliği ve hangi yönde kullanılabileceği sorularının cevaplarının bulunmasını ifade eder. Böylece muayene ve ayrıştırma, kullanılmış ürünlerin akış sürecinde yeniden kullanım (ve yok etme) seçeneklerine göre ayırım ile sonuçlanmaktadır.
- **Yeniden işleme**, kullanılmış ürünün kullanılabilir ürüne fiili olarak yeniden dönüşümü anlamına gelmektedir. Bu dönüşüm; geri dönüşüm, onarım ve yeniden üretimi de içine alan farklı şekillerde olabilir. Ek olarak, temizleme, değiştirme ve yeniden montaj gibi faaliyetleri de barındırabilir.
- **Bertaraf**, teknik veya ekonomik sebeplerle yeniden kullanılamayacak ürünler için gereklidir. Bu durum, örneğin aşırı onarım gereksinimi nedeniyle reddedilen ürünler, mevcut zamanda tatmin edici bir pazar potansiyeli

bulunmayan ürünler için geçerli olabilir. Bertaraf, nakliye, depolama ve yakma adımlarını içerebilir.

- **Yeniden dağıtım**, yeniden kullanılabilir ürünlerin potansiyel pazara yönlendirilmesi ve fiziksel olarak gelecekteki kullanıcılara taşınması anlamına gelmektedir. Bu, satışlar (kiralama, hizmet sözleşmeleri), nakliye ve depolama faaliyetlerini içerebilir. Geri dönüşümü yapılmış malzemelerin satışları ve yeniden üretilmiş fotokopi makinelerinin kiralınması tipik örnekler arasındadır.

**Şekil 4:** Tersine Lojistik Süreci



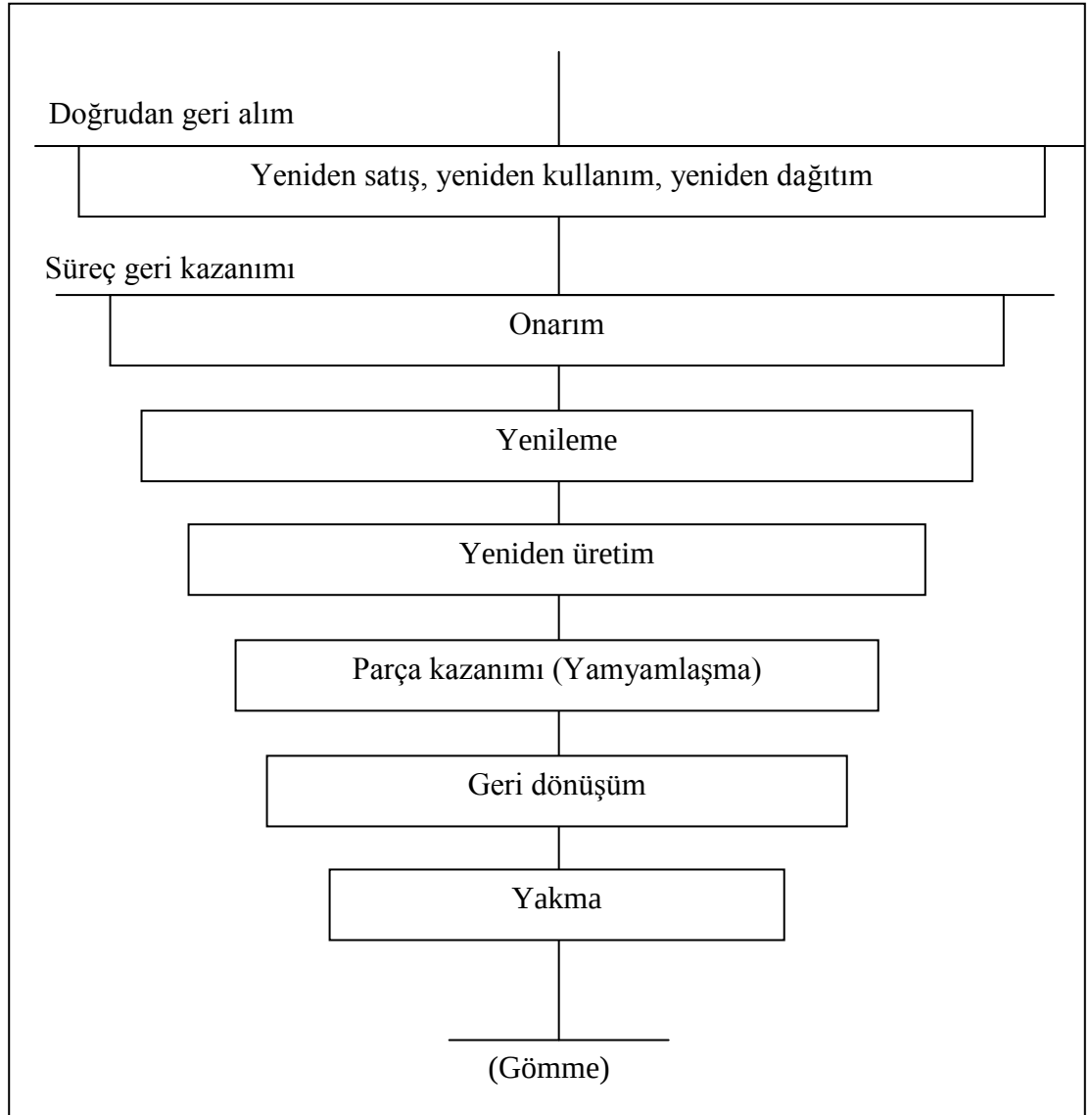
Kaynak: Brito ve Dekker, 2003: 12.

Geri kazanım, bütün tersine lojistik süreci içerisindeki faaliyetlerden sadece biridir. İlk olarak toplama faaliyeti, daha sonra bütünleşik olarak gerçekleşen inceleme/seçme/sınıflandırma süreci gerçekleşir. Üçüncüsü geri kazanımdır (doğrudan olabilir veya yeniden işlemenin bir türü olabilir). Son olarak yeniden dağıtım faaliyeti vardır (Şekil 4). Toplama, ürünlerin müşteriden geri kazanım noktasına getirilmesini ifade eder. Bu noktada ürünler kontrol edilir, yani kalitesi değerlendirilir ve hangi geri kazanım seçeneğinin uygulanacağına karar verilir.



Ürünler daha sonra sınıflandırılır ve kurtarma seçeneklerine göre sevk edilirler. Eğer kaliteleri yeni gibiyse ürünler yeniden kullanım, yeniden satış ve yeniden dağıtım yolları ile pazara dönebilirler. Eğer ürünler iyi kaliteye sahip değilse diğer geri kazanım seçeneklerinden biri tercih edilir fakat bu durumda yeniden işleme gibi daha fazla eylem gerekir (Brito ve Dekker, 2003: 11).

**Şekil 5:** Geri Kazanım Seçenekleri Ters Piramidi



Kaynak: Brito ve Dekker, 2003: 13.

## 1.5. TERSİNE LOJİSTİKTE GERİ KAZANIM SEÇENEKLERİ

Daha önce de değinildiği gibi toplama faaliyetinden sonra ürünlerin sınıflandırılması ve yapılarına göre farklı işlemler görmesi söz konusudur. Bu işlemler, Brito ve Dekker (2003) tarafından ters piramit şeklinde gösterilmiştir (Şekil 5). Geri kazanım seçeneklerinden doğrudan geri alım, iyi durumdaki ürünlerin bir an önce tekrar pazara dönmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Süreç geri kazanım seçeneklerinde ise kattıkları değere göre azalan seviyelerde sıralı olarak gösterilmektedir. Piramidin en altında ise hiçbir değere sahip olmayan ürün veya malzemelerin yakılması ya da gömülmesi gibi bertaraf seçenekleri bulunmaktadır.

Geri kazanım seçeneklerinin her biri kullanılmış ürünlerin ve bileşenlerin toplanmasını, yeniden işlenmesini ve yeniden dağıtılmasını kapsar. Bu seçenekler arasındaki temel fark yeniden işleme aşamasındadır. Buna göre geri kazanım seçenekleri şöyle sıralanabilir (Thierry ve diğerleri, 1995: 117-120):

1. Onarım
2. Yenileme
3. Yeniden Üretim
4. Yamyamlaşma (Cannibalization)
5. Geri Dönüşüm

### 1.5.1. Onarım

Onarımın amacı, kullanılmış ürünleri çalışır duruma getirmektir. Onarılmış ürünlerin kalitesi genellikle yeni ürünlerin kalitesinden daha az olmaktadır. Ürünün onarımı bozuk parçaların tamirini ve/veya değiştirilmesini içerir. Diğer parçalar temel olarak etkilenmez. Onarım genel olarak kısıtlı sökme ve yeniden montaj işlemi gerektirir. Onarım işlemleri müşterinin yerinde veya üreticinin onarım merkezlerinde yapılabilir. Çok sayıda dayanıklı ürün üreticisi (Örneğin: IBM, DEC ve Philips) ürün onarımı yapmaktadır (Thierry ve diğerleri, 1995: 118). Bir onarım sisteminde talep ve dönüş süreci kusursuzca bağlantılıdır. Fakat kullanılan ürünler faaliyette hasar ve kayba tabiidir. Sonuç olarak, tüm iadeler onarılabilir değildir ve bundan dolayı bazı talepler üretilmiş (yeni) ürünler tarafından karşılanmalıdır (Teunter, 2001: 484).

### **1.5.2. Yenileme**

Yenilemenin amacı kullanılmış ürünleri belirlenmiş kalite seviyesine getirmektir. Kalite standartları yeni ürünler kadar sıkı değildir. Kullanılmış ürünlerin parçalara ayrılmasından sonra, bütün kritik parçalar denetlenir ve onarılır ya da değiştirilir. Onaylanmış parçalar yenilenen ürünlere tekrar monte edilir. Ara sıra yenileme, demode parçaların daha yeni teknolojiye sahip olanlarıyla değiştirilmesi şeklinde gerçekleşir. Askeri ürünler ve ticari uçaklar yenilenen ürünlere örnek olarak gösterilebilir. Yenileme ürünlerin kalitesini önemli ölçüde iyileştirir ve servis ömrünü uzatır (Thierry ve diğerleri, 1995: 119).

### **1.5.3. Yeniden Üretim**

Yeniden üretim, onarım işleminden belirgin olarak farklıdır. Ürünler tamamen sökülür ve bazı parçalar yeni duruma getirilir. Bu işlem kozmetik operasyonlar içerebilir. Bu, yeniden kullanım ve kullanılan malzeme miktarının azaltılması yoluyla işletmelerin daha çevreci oldukları bir yol olabilmektedir (Kim ve diğerleri, 2006: 280).

Yeniden üretimin amacı kullanılmış ürünleri yeni ürünlerin kalite seviyesindeki standartlara çıkarmaktır. Kullanılmış ürünler tamamen parçalara ayrılır ve bütün parçalar kapsamlı olarak muayene edilir. Yıpranmış veya eskimiş parçalar yenileri ile değiştirilir. Onarılabilir parçalar onarılır ve kapsamlı olarak test edilir. Onaylanmış parçalar yeniden üretilen ürünlere monte edilir. Yeniden üretim, teknolojik yükseltme ile kullanılabilir. Örneğin, kullanılmış makine yenisi gibi kaliteye yeni makine maliyetinin %50-60'ına yükseltilebilir (Thierry ve diğerleri, 1995: 119).

Mevcut bileşenlerin yeniden üretilmesinin aşağıdaki faydaları vardır (Bras ve McIntosh, 1999: 167):

- Şirketin yeni bileşenleri elde etme ve üretme maliyetlerini azaltır.
- Depolanacak atık malzemenin azaltılmasının yanında, üretim süresince enerji ve madde tüketimini azaltır.

#### **1.5.4. Yamyamlaşma (Cannibalization)**

İlk üç geri kazanım seçeneğinde kullanılmış ürünlerin büyük bir kısmı tekrar kullanılmaktadır. Yamyamlaşmada bunların sadece küçük bir kısmı kullanılmaktadır. Yamyamlaşma, yukarıda adı geçen geri kazanım seçeneklerinde kullanılmak üzere kullanılmış ürünlerden göreceli olarak daha az sayıda kullanılabilir parça ve modüllerin geri kazanılmasıdır (Wadhwa ve diğerleri, 2009: 462).

Bu parçalar diğer ürünlerin ve bileşenlerin onarımında, yenilenmesinde veya yeniden üretilmesinde kullanılmaktadır. Yamyamlaşmada kullanılan parçaların kalitesi yeniden kullanılacakları yere bağlıdır. Yeniden üretimde kullanılacak parçalar, yenileme veya onarım için kullanılacak parçalara göre iyi kaliteye sahip olmalıdır. Yamyamlaşmada kullanılmış parçaların seçici olarak sökülmesi ve potansiyel yeniden kullanılabilir parçaların kontrolü işlemleri vardır. Geri kalan parçalar yamyamlaşmada kullanılmaz (Thierry ve diğerleri, 1995: 119).

#### **1.5.5. Geri Dönüşüm**

Önceki geri kazanım seçeneklerinin amacı, kullanılmış ürünlerin niteliklerini, işlevselliklerini ve bileşenlerini mümkün olduğu kadar korumaktır. Geri dönüşümde ürünlerin ve bileşenlerin nitelikleri ve işlevsellikleri kaybolmaktadır (Thierry ve diğerleri, 1995: 120). Geri dönüşüm, atılan ürünlerin malzeme içeriklerini almak için kullanılır. Elde edilen malzemeler, eğer yüksek kaliteye sahipse orijinal parçaların üretilmesinde, düşük kalitedeyse saf olmama durumundan ötürü diğer parçaların üretilmesinde kullanılırlar (Altekin, 2005: 14-15). Elektronik ürünlerin çoğu değerli malzemeler içerdikleri için, bu malzemelerin geri kazanılması oldukça kazançlı olabilmektedir (Kongar ve Gupta, 2006: 551).

Beş farklı geri kazanım seçeneği için kazanımın amacı, ayrıştırma seviyesi, kalite gereksinimleri ve ortaya çıkan ürün özet olarak Tablo 3’de görülebilir.

**Tablo 3:** Geri Kazanım Seçeneklerinin Karşılaştırılması

|                       | <b>Amaç</b>                                                                                 | <b>Ayrıştırma Seviyesi</b>      | <b>Kalite Gereksinimleri</b>                                                       | <b>Ortaya Çıkan Ürün</b>                                                                    |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Onarım</b>         | Geri dönen ürünün çalışır duruma getirilmesi                                                | Ürün seviyesi                   | Ürünün çalışır duruma geri döndürülmesi                                            | Bazı parçalar onarılır veya yedekleri ile değiştirilir                                      |
| <b>Yenileme</b>       | Ürünlerin belli bir kaliteye getirilmesi                                                    | Modül seviyesi                  | Bütün kritik modüllerin kontrol edilmesi ve belirlenen kalite düzeyine getirilmesi | Bazı modüller onarılır/değiştirilir                                                         |
| <b>Yeniden Üretim</b> | Ürünlerin yenileri kadar sıkı kalite standartlarına getirilmesi                             | Parça seviyesi                  | Bütün modüllerin ve parçaların incelenmesi ve “yeni gibi” kaliteye çıkarılması     | Kullanılmış ve yeni modüllerin/parçaların yenilerini üretmek için birleştirilmesi           |
| <b>Yamyamlaşma</b>    | Kullanılmış ürünlerden ve bileşenlerden sınırlı sayıda kullanılmış parçaların geri kazanımı | Parçaların seçici geri kazanımı | Parçaların yeniden kullanıldığı sürece göre değişmektedir                          | Bazı parçalar yeniden kullanılır; ürünün geri kalanı geri dönüştürülür veya bertaraf edilir |
| <b>Geri Dönüşüm</b>   | Kullanılmış ürünlerden veya bileşenlerden malzemelerin yeniden kullanılması                 | Malzeme seviyesi                | Orijinal parçaların üretiminde yüksek, diğer parçalar için düşük                   | Malzemeler yeni parçaları üretmek için yeniden kullanılır                                   |

Kaynak: Altekin, 2005: 18.

Genel olarak tersine lojistik faaliyetleri, son kullanıcı ve bayilerden kullanılmış, zarar görmüş, istenmeyen (stok dengeleme dönüşleri), modası geçmiş ürünlerin toplanması için firmanın uyguladığı süreçleri ifade eder. Bir ürün firmaya geri döndüğünde, firmanın seçebileceği birden çok yok etme seçeneği mevcuttur. Eğer ürün tam bir geri ödemeyle satıcıya geri döndüyse, bu durumda başka bir müşteriye satılabilir veya bir tasfiye şirketi aracılığıyla satılabilir. Eğer bu seçeneklerde satılmak için yeterli kalitede değilse yurt dışına ihraç eden başka bir firmaya satılabilir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 9).

Eğer ürün olduğu gibi satılamıyorsa veya firma ürünü tamir ederek, yenileyerek veya yeniden üreterek ürünün satış fiyatında önemli bir artış elde edemiyorsa, firma bu faaliyetleri ürünü satmadan önce gerçekleştirebilir. Eğer firma bu faaliyetleri kendisi gerçekleştiremiyorsa diğer firmalara ihale edebilir veya tamir/yeniden üretim/yenileme firmasına bütünüyle satabilir. Bu faaliyetler gerçekleşikten sonra ürün yeni ürün olarak değil, onarılmış veya yeniden üretilmiş ürün olarak satılabilir. Çünkü ürün kötü durumu, hukuki sonuçlar veya çevre kısıtlaması gibi nedenlerle yenilenemez, firma bu ürünü en düşük maliyetle elden çıkarmaya çalışacaktır. Değerlendirilebilen herhangi bir malzeme değerlendirilir, geri dönüştürülebilen malzemeler çıkarılır ve kalan kısım imha edilir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 9-11).

Tersine lojistik çok çeşitli faaliyetleri içerebilir. Bu faaliyetler şöyle ayrılabilir: (1) Tersine akıştaki ürünler son kullanıcılardan mı yoksa perakendeci veya dağıtım merkezi gibi dağıtım kanalındaki başka bir üyeden mi gelmektedir? (2) Tersine akıştaki malzeme ürün müdür, yoksa paketlenme malzemesi midir? Bu iki faktör diğer önemli sınıflandırma faktörlerinin varlığının yanında tersine lojistik faaliyetlerinin temel çerçevesini oluşturmaktadır. Nihai hedefleri ne olursa olsun, tersine akıştaki bütün ürünler bir sonraki varış noktalarına gönderilmeden önce toplanmalı ve sınıflandırılmalıdırlar. Ürünlerin tersine akış içerisine katıldıkları noktalar, ortaya çıkan tersine lojistik sisteminin temel belirleyicileridir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 12).

Belirli sektörlerde tersine lojistik faaliyetleri işletme için kritik öneme sahip olabilir. Genellikle ürün değerinin en büyük olduğu veya dönüş oranının en yüksek olduğu işletmelerde dönüş süreçlerinin geliştirilmesi için çok daha fazla çaba harcanmaktadır. Otomotiv yedek parçaları sektörü buna güzel bir örnektir. ABD’de yeniden üretilmiş otomotiv parçaları pazar büyüklüğünün 36 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir. Örneğin değiştirme amacıyla satılmış marş ve alternatörlerin yüzde 90-95’i yeniden üretilmektedir. İyimsen bir tahmine göre ABD’de 12.000 otomobil parçası satan ve yeniden üreten firma bulunmaktadır. Bunlar sonucunda birkaç milyon galon ham petrol tasarruf sağlanmaktadır (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 6).

## 1.6. TERSİNE LOJİSTİĞİN KAYNAKLARI

Tersine lojistiğin altında yatan nedenler:

1. Çevresel konular,
2. Ekonomik sebepler,
3. Mevzuat ve
4. Kurumsal vatandaşlık olmak üzere dört grupta toplanabilir.

Bu başlıklar her ne kadar birbirinden farklı gibi görülseler de sıkı sıkıya bağlantılıdır. Örneğin; yasal mevzuat, doğaya zarar veren ürünlerin uygun şekilde bertaraf edilmesi gibi zorunlulukları kapsamaktadır. Yahut kurumsal vatandaşlıktan ötürü girilen tersine lojistik faaliyetleri kişilerin ve kurumların çevreye karşı duyarlılıkları ile ilintilidir.

### 1.6.1. Çevresel Konular

Çoğu işletme başlarda çevresel kaygılardan dolayı tersine lojistik konularına odaklanmıştır. Günümüzde bazı işletmeler tersine lojistik konuları ile sadece tedarikçilerine dönen ürünlerle alakalı olarak ilgilenmektedir. Bununla birlikte gelecekte çevresel hususlar pek çok lojistik karar üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olacaktır. Örneğin (Robers ve Tibben-Lembke, 1998: 101):

- Gömme maliyetleri son yıllarda giderek artmıştır ve artmaya devam etmesi beklenmektedir.
- Çoğu ürün, çevresel düzenlemelerden dolayı artık gömülemeyecektir.
- Ekonomik ve çevresel sebepler işletmeleri daha çok yeniden kullanılabilir ambalaj, taşıyıcı ve diğer malzemeleri kullanmaya zorlamaktadır.
- Çevresel kaynaklı kısıtlamalar işletmeleri kendi paketleme malzemelerini geri almaya zorlamaktadır.
- Çoğu üretici ürünlerini kullanım ömürleri sonunda kanunen geri almaya zorlanmaktadır.

İstenmeyen ürünlerin atılması daha yakından takip edilen bir faaliyet haline gelmektedir. ABD’de geleneksel yöntem olan parçaların sadece toprağın altına gömülmesi eskisi kadar kolay olmadığı gibi ucuz da değildir. ABD’deki belediye

öplüklerinin sayısı azalmaya devam etmekte, yasal düzenlemeler bu faaliyetleri daha sıkı hale getirmekte, dolayısıyla parçaların bertaraf edilmesine ait maliyetler giderek artmaktadır. Artan kısıtlamalar insan sağlığını ve çevreyi korumak için daha büyük tedbirlerin uygulanmasına veya tahsis edilmesine odaklanmaktadır. Bu, birçok tesisin kapanmasına ve diğerleri için yüksek maliyetlere yol açmıştır (Robers ve Tibben-Lembke, 1998: 101-102).

Genel olarak miadını doldurmuş ürünler yeniden kullanılabilir, yeniden üretilabilir, geri dönüştürülebilir veya imha edilebilir. Bunlar arasında bertaraf, en az arzu edilen seçenektir. Çünkü bu seçenek çevreye en fazla zararı verir, değerli depolama alanını kaplar ve doğal kaynakları daha hızlı tüketir. Hükümetler, üreticiler ve tüketiciler zaman içerisinde bu sorunların daha fazla farkına varmaktadırlar. Bu durum pek çok çevresel düzenlemenin uygulanmasına yol açmıştır. Bunların temel amacı bertaraf edilen ürünlerin, bileşenlerin ve malzemelerin sayılarını sınırlandırmaktır (Gupta ve diğerleri, 2009: 67).

Avrupa ve ABD’de kanunlar kullanım ömrü sonuna gelmiş ürünlerin yasal olarak elden çıkarılması koşulları olarak görölmektedir. Almanya’da, yeni kurallara göre bir ürünün üreticisi, o ürünün nihai bertarafından sorumlu olmalıdır. ABD’deki bazı eyaletlerde benzer önlemler tasarlanmaktadır. Örneğin, birçok eyalet araç aküsü satan perakendecilerin kullanılmış aküleri geri almalarını zorunlu tutmaktadır. Üreticilerin ürünlerini geri almalarının zorunlu tutulmadığı yerlerde, ürünlerin gömölmesine ve atılmasına izin verilmemektedir. Bazı durumlarda bu, ürünlerin geri toplanması için bir sistemin kurulması zorunluluğuna dönüşecektir (Robers ve Tibben-Lembke, 1998: 102).

### **1.6.2. Ekonomik Sebepler**

Tersine lojistik programı, hammadde kullanımındaki azalma, kurtarma ile değer kazanımı veya bertaraf maliyetlerinin azalması ile işletmelere doğrudan kazanç sağlar. Bağımsızlar da bu alana girmektedir çünkü gereksiz veya ıskarta mal ve malzemelerin dağınık pazarları finansal fırsatlar sunmaktadır. Metal hurda brokerleri metal hurdaları toplayıp elik işlerine sunarak kazanç sağlamaktadırlar (Brito ve Dekker, 2003: 7).



Ekonomi, bütün kurtarma seçenekleri için en önemli güç olarak görülmektedir. Şirket hem doğrudan hem dolaylı faydalar sağlar. Şirketler sürekli olarak üretim sürecinde maliyet tasarrufu elde etmek için çaba içerisindeyler. Eğer bir şirket tersine lojistik faaliyetleri gerçekleştirirse para kazanacaktır. Üretim, onarım, yeniden yapılandırma ve geri dönüşüm için ürünlerin geri kazanımı, kârlı iş fırsatları sunmaktadır. Tersine lojistik artık organizasyonlar tarafından basitçe atık yönetimi maliyetlerinin minimizasyonu yerine “yatırım kurtarma” olarak görülmektedir (Ravi ve diğerleri, 2005: 331).

### **1.6.3. Mevzuat**

Buradaki mevzuat, işletmenin ürünleri geri kazanması veya geri kabul etmesi gerektiğini belirten herhangi bir yargılama yetkisidir. Pek çok ülkede yasal olarak malın iade edilmesi hakkı mevcuttur. Bazen işletmeler yasalarla baş edebilmek veya onlara hazırlıklı olmak için gönüllü olarak sözleşmelere katılmaktadırlar (Brito ve Dekker, 2003: 7-8).

İşletmeler için ürünlerin kullanım ömürleri sonunda iyileştirilmesini veya geri kabul edilmesini zorunlu kılan yargılama yetkisini ifade eden mevzuat, ürün yaşam döngüsü sonundaki ürünlerin toplanmasını ve yeniden kullanımını, atık yönetim maliyetlerinin üreticilere kaydırılmasını, üretilen atık miktarının azaltılmasını ve artan geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımını içerebilir (Ravi ve diğerleri, 2005: 331).

### **1.6.4. Kurumsal Vatandaşlık**

Tersine lojistiğin uygulama sebeplerinden bir diğeri şirketi veya organizasyonu tersine lojistik faaliyetlerini yerine getirme sorumluluğuna zorlayan değerler veya ilkeler dizisi ile ilgili olan kurumsal vatandaşlıktır. Tersine lojistik faaliyetleri kurumsal imajın artmasına yol açabilir (Ravi ve diğerleri, 2005: 331).

Walden Paddlers’in kurucusu Paul Farrow’un tutumu kurumsal vatandaşlık ile ilgili bir örnek teşkil etmektedir. Paul Farrow’un kaygısı olan “tüketici ürünlerinin

pazardan çöpe yolculuk hızı”, onu %100 dönüştürülebilir kayık üretme konusunda yenilikçi bir projeye itmiştir (Brito ve Dekker, 2003: 8).

Genel olarak ürünler işlevlerini (daha fazla) yerine getirmedikleri için veya kendilerine ya da işlevlerine daha fazla ihtiyaç kalmadığı için geri dönerler veya ıskartaya çıkarılırlar. Bu, tipik tedarik zinciri hiyerarşisine göre üretim dönüşleri, dağıtım dönüşleri ve müşteri dönüşleri olmak üzere üç kategoride incelenebilir (Brito ve Dekker, 2003: 9-11):

**a) Üretim Dönüşleri:** Üretim dönüşleri, üretim safhasında geri kazanılması gereken bileşenlerin ve ürünlerin bulunduğu her türlü durumu ifade etmektedir. Bu durum çeşitli nedenlerle oluşur. Hammaddeler artmış olabilir, yarı mamuller veya nihai ürünler kalite kontrolünden geçememiş ve yeniden işlenmesi gerekiyor olabilir, ürünler üretim fazlası olabilir veya üretim sonucu yan ürünler ortaya çıkmış olabilir. Hammadde ve üretim fazlası gerekli olmayan ürün kategorisine girerken, kalite kontrolden dönen ürünler ise kusurlu kategorisine girer. Özet olarak üretim dönüşleri şunları kapsar:

- Hammadde fazlalığı,
- Kalite kontrol dönüşleri,
- Üretim fazlalığı/yan ürünler.

**b) Dağıtım Dönüşleri:** Dağıtım dönüşleri, dağıtım safhası boyunca geri dönen bütün ürünleri ifade eder. Ürün geri çağırımları, ticari dönüşler, stok düzeltme ve fonksiyonel dönüşler bu kapsamda yer almaktadır. Ürün geri çağırımları, ürünle ilgili güvenlik veya sağlık problemleri nedeniyle geri toplanan ürünlerdir. Bu işlemi genellikle üretici veya tedarikçi üstlenir. B2B ticari dönüşler, perakendecinin ürünleri satıcıya iade etmesi seçeneğini taşıyan sözleşme ile yapılan tüm dönüşleri tanımlar. Bu, hasarlı/yanlış dağıtımlarda, raf ömrü çok az kalmış ürünlerde veya satılmadığı için perakendeci veya dağıtıcının toptancıya ya da üreticiye iade ettiği durumlarda görülür. Raf ömrü çok uzun olup modası geçtiği için satılamayacak ürünler de buna dâhildir. Stok düzeltme, zincirdeki bir aktörün stoklarının tekrar dağıtılması işlemidir. Örneğin mevsimsel ürünlerde depolar ve mağazalar arasında stok düzeltme yapılabilir. Son olarak fonksiyonel dönüşler ürünün doğası gereği zincirde geri veya ileri gitmesine neden olan işlevselliği barındıran tüm ürünleri içerir. Buna palet gibi dağıtım taşıyıcıları örnek olarak gösterilebilir. Bunlar fonksiyonları gereği diğer

ürünleri taşımakta ve bu amacı pek çok kez yerine getirebilmektedirler. Diğer örnekler ise; kasalar, konteynırlar ve ambalajlardır. Özetlenecek olursa dağıtım dönüşleri şunlardan oluşur:

- Ürün geri çağırılmaları,
- B2B ticari dönüşler,
- Stok düzeltmeleri,
- Fonksiyonel dönüşler.

**c) Müşteri Dönüşleri:** Son grup ise müşteri dönüşlerinden, yani ürün en azından nihai müşteriye ulaştıktan sonraki dönüşlerden oluşur. Ürünlerin dönüşü için çeşitli sebepler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- B2C ticari dönüşler (geri ödeme garantisi),
- Garanti iadeleri,
- Hizmet iadeleri (onarımlar, yedek parçalar),
- Kullanım sonu dönüşleri,
- Kullanım ömrünün bitişinden kaynaklanan dönüşler.

## 1.7. TERSİNE LOJİSTİĞE KONU OLAN ÜRÜNLER

Tersine lojistik süreci tersine akışın öncelikle ürünlerden oluşması veya öncelikle paketlemeden oluşması koşuluna göre iki genel kategoriye ayrılabilir. Ürün geri dönüşlerinin büyük bir oranı müşteri geri dönüşlerinden oluşmaktadır. Bütün müşteri iadelerinin tüm perakendeciler arasında yaklaşık yüzde altı oranında olduğu tahmin edilmektedir. Belirli sektörlerle göre geri dönüş yüzdeleri Tablo 4’de görülebilir. Her durumda, geri dönüş yüzdeleri pek çok firma tarafından belirlenmiştir. Açıkça görülmektedir ki dönüş oranları önemli ölçüde sektöre göre değişim göstermektedir. Pek çok sektör için tersine akışı yönetmeyi öğrenmek birincil öneme sahiptir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 6-7).

**Tablo 4:** Sektörlere Göre Örnek Geri Kazanım Oranları

| <b>Sanayi</b>                    | <b>Oran</b> |
|----------------------------------|-------------|
| Dergi Yayıncılığı                | %50         |
| Kitap Yayıncıları                | %20-30      |
| Kitap Dağıtıcıları               | %10-20      |
| Tebrik Kartları                  | %20-30      |
| Katalog Perakendecileri          | %18-35      |
| Elektronik Dağıtıcıları          | %10-12      |
| Bilgisayar Üreticileri           | %10-20      |
| CD-ROM'lar                       | %18-25      |
| Yazıcılar                        | %4-8        |
| Posta İle Bilgisayar Üreticileri | %2-5        |
| Büyük Perakendeciler             | %4-15       |
| Otomotiv Sanayi (Parçalar)       | %4-6        |
| Tüketici Elektronikleri          | %4-5        |
| Evsel Kimyasallar                | %2-3        |

Kaynak: Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 7

Tersine lojistiğe konu olan, atılan veya geri dönen ürünün ne olduğu da önemli bir konudur. Bununla ilgili üç ürün karakteristiği bulunmaktadır, bu karakteristikler; ürün bileşimi, bozulma ve kullanım şeklidir (Brito ve Dekker, 2003: 13).

#### **1.7.1. Ürün Bileşimi**

Bileşenlerin ve malzemelerin sayıları bakımından ürün bileşimi, geri kazanım için ürünleri tasarlarlarken akılda tutulması gereken pek çok yönden biridir. Sadece sayıları değil, malzeme ve bileşenlerin nasıl bir araya getirileceği de yeniden işleme kolaylığını, dolayısıyla tersine lojistik faaliyetlerinin maliyetlerini etkilemektedir. Tehlikeli maddelerin varlığı da özel işlem gerektirmesi nedeniyle bu alandaki en önemli konudur. Ürün malzemelerinin farklılık seviyesi geri kazanımda etkilidir, çünkü malzemeler ne kadar farklı olursa o kadar uğraş gerektirir. Ürünlerin boyutu da geri kazanımda önemli bir faktördür. Örneğin, bu yönüyle ulaşım ve taşımada önemli etkisi olabilir (Brito ve Dekker, 2003: 13). Yeniden kullanım yoluyla ürünlerin geri kazanımı stratejileri, ürün tasarımı ve geliştirmenin erken safhaları ile bağdaştırılabilir (Amelia ve diğerleri, 2009: 1572).

### **1.7.2. Bozulma**

Ürünün işlevselliğini yerine getirmemesine neden olan fakat aynı zamanda ürünün bütün olarak veya parçalar halinde kullanılıp kullanılmayacağına karar verilmesini gerektiren bozulma karakteristikleridir. Bu, geri kazanım seçeneklerini önemli ölçüde etkiler. Bir ürünün geri kazanılması potansiyelinin değerlendirilmesi için pek çok soru sorulmalıdır: Ürün kullanım sırasında yıpranmakta mıdır? (içsel bozulma); Bütün parçaların yaşları eşit midir, değil midir? (bozulmanın homojenliği); Ürünün değeri hızlı bir şekilde düşmekte midir? (ekonomik bozulma). Aslında ürünler bilişim sektöründe olduğu gibi pazarda yeni ürünlerin tanıtılması ile demode olabilirler. Bu durum uygulanabilecek kurtarma seçeneklerini kısıtlamaktadır. Aynı şey homojen olsun ya da olmasın içsel bozulma için de söylenebilir. Eğer bir ürün, benzin gibi kullanım sırasında tamamen tüketildiyse veya bataryalar gibi hızlı bir şekilde yıpranıyorsa ya da bazı parçaları bozulmalara karşı çok hassas ise, ürünlerin bu şekilde tekrar kullanılması söz konusu olmaz. Eğer bununla birlikte ürünün sadece tek bir parçası bozuluyorsa, bu durumda onarım, parça değişimi veya geri alım gibi geri kazanım seçenekleri düşünülebilir (Brito ve Dekker, 2003: 14).

### **1.7.3. Kullanım Şekli**

Konum, yoğunluk ve kullanım süresine göre ürünün kullanım şekli karakteristiklerin önemli bir grubudur. Son kullanıcının bir birey olması veya bir kurum (toplu kullanım) olması, toplamının farklı yerlerde olması veya son kullanıcıların farklı seviyelerde çaba sarf etmeleri (Örneğin; bir toplama noktasına getirmek gibi) kullanım şekli konusunda fark yaratır. Kullanım, daha fazla veya daha az yoğunlukta olabilir. Kısa zaman dilimleri için kullanılan ve (sterilizasyon gibi uygun işlemlerden sonra) muhtemelen tekrar kiralananacak olan tıbbi donanımlar buna örnek olarak gösterilebilir (Brito ve Dekker, 2003: 14).

## 1.8. TERSİNE LOJİSTİK VE GERİ KAZANIM UYGULAMALARI

Tersine lojistik uygulamaları, daha önce de değinildiği gibi çoğunlukla çevresel kaygılarla gerçekleşmektedir. Bunun dışında ekonomik, yasal ve kurumsal sorumluluk kaynaklı uygulamalar da görülmektedir.

Yaklaşık olarak son 20-30 yıldır çevre konusunda bir bilinç artışı vardır. Daha fazla insan küresel ısınma, karbon emisyonları, zehirli madde kullanımı ve kaynakların kıtlığı gibi çevre meselelerine ilgi göstermektedir. Genel olarak yeşili koruma eğilimi mevcut olup çoğu organizasyon buna firmaları için yeşil prensipleri uygulayarak katılımda bulunmaktadır. Uygulanması zorunlu olan kurallara ek olarak, çok sayıda çevre programı organizasyonlar tarafından gönüllü olarak ortaya konmaktadır (Xie ve Breen, 2010).

Malzeme/ürün geri kazanımının çeşitli şekillerine uzun süredir rastlanmaktadır. Otomobil (metal hurda brokerleri), elektronik ve kâğıt geri dönüşümü en sık karşılaşılan örneklerdir. Bunlar arasında otomobil geri dönüşümü en gelişmiş olanıdır. ABD’de camın %20’si, kâğıt ürünlerinin %30’u ve alüminyumun %61’i geri dönüştürülürken, her yıl hurdaya ayrılan 10 milyon araba ve kamyonun %95’i ve ağırlık itibarıyla %75’i yeniden kullanım için geri kazanılır. Avrupa’da 1994 rakamlarına göre, kâğıt ürünlerinin geri kazanım oranı (toplam tüketim yüzdesi) göreceli olarak daha yüksek olup yaklaşık %43’tür. Elektronik ürünlerin geri kazanım oranı da (çoğunlukla bilgisayar ürünleri) hızla gelişmektedir (Gungor ve Gupta, 1999: 825). Avrupa’da tüketici elektroniği, otomobiller ve ev aletleri gibi ürünlerin toplanması sorumluluğu üreticilere doğru kaymıştır. Ulusal hükümetlerle işbirliği içinde veya onların baskıları altında ulusal toplama ve geri kazanım sistemleri kurulmuştur. Hollanda otomobil sektörü halen bütün araba kazalarının %90’ını işleyen başarılı bir ulusal sistem kurmuştur (Hillegersberg ve diğerleri, 2001: 75-76).

Ekonomik odaklı geri kazanım süreci, elektronik sektöründe geniş bir uygulama alanına sahiptir. Tipik bir bilgisayar, altın, gümüş, paladyum ve platin içermektedir. Değerli malzemelerin miktarı önceleri üretilen elektronik ürünlerde çok daha fazladır. Tüketici elektronik ürünlerinden değerli malzemelerin geri kazanılması uygun ekipman gerektirmektedir ve genellikle kitle halinde tamamlanmaktadır. Bir

araştırmaya göre, 1993 yılında Kanada’da özelleştirilmiş bakır fırını bulunan bir şirket 100 bin ton geri kazanılabilir malzemeyi (bunların dörtte biri elektronik ürünlerden oluşmaktadır) işlemiştir. Bu malzemelerden, 34 ton bakır, 123 ton gümüş, 7 ton altın ve 5 ton platin ve paladyum elde edilmiştir. Kaliforniya’da bir işletme, 1993 yılında çoğunlukla bilgisayar geri dönüşümü ile gelirlerinde 79 milyon dolara ulaşmıştır (Gungor ve Gupta, 1999: 826). Pepsi-Cola bir litrelik ve 20 ons şişeler için oluklu malzemeden yapılanlar yerine plastik taşıma konteynırlarına geçerek 196 pound oluklu malzemeden tasarruf etmiş ve 44 milyon dolar artırmıştır (Xie ve Breen, 2010). Hewlett-Packard, IBM, Xerox ve Digital Equipment Corporation gibi yazıcı endüstrileri tedarikçi, dağıtıcı bütünleşmesi ve tesis yerlerinin değişimi ile tedarik zincirlerini çevreci hale getirmişlerdir (Xie ve Breen, 2010).

**Tablo 5:** Sanayi Sektörüne Göre Yeniden Üretim Firmaların Dağılımı

| Sanayi Sektörü         | Ürünler                                                             | Veri tabanındaki firmalar   | Veri tabanında olmayan firmalar (tahmini) | Toplam |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|--------|
|                        |                                                                     | Veriler 1996 yılına aittir. |                                           |        |
| Otomotiv               | Alternatörler, Starter Motorlar, Su Pompaları, Debriyaj ve Motorlar | 4.536                       | 46.000                                    | 50.536 |
| Kompresörler & Soğutma | Klima ve Buzdolabı Kompresörleri                                    | 55                          | 100                                       | 155    |
| Elektronik Aletler     | Transformatörler, Elektrik Motorları ve Şalterler                   | 2.231                       | 11.000                                    | 13.231 |
| Makinalar              | Çeşitli endüstriler için makine ve donanımlar                       | 90                          | 30                                        | 120    |
| Ofis Mobilyaları       | Masalar, Dosyalar ve Bölmeler                                       | 220                         | 500                                       | 720    |
| Araç Lastikleri        | Kamyon, Otomobil ve Arazi Lastikleri                                | 1.210                       | 180                                       | 1.390  |
| Toner Kartuşları       | Toner Kartuşları ve Mürekkep Püskürtmeli Kartuşlar                  | 1.401                       | 5.100                                     | 6.501  |
| Endüstriyel vanalar    | Kontrol ve Yardım Vanaları                                          | 110                         | 300                                       | 410    |
| Diğer                  | Çeşitli                                                             | 50                          | 200                                       | 250    |
| Toplam                 |                                                                     | 9.903                       | 63.410                                    | 73.313 |

Kaynak: Sundin, 2004: 40.

Tablo 5 1996 yılına ait Amerika'daki sanayi sektörüne göre yeniden üretim firmaların dağılımını göstermektedir. Bu tablo, yeniden üreticilerin ağırlıklı olarak otomotiv sektöründe bulunduğunu göstermektedir. Otomotiv sektörü, aracın hurdaya ayrılmadan önceki kullanılabilir parçalarını kullanarak yeniden üretim yapmaktadır. Bu tabloya bakarken, araştırmanın eski bir tarihe ait olduğu unutulmamalıdır. Günümüzde yeniden üretim endüstrisinde diğer ürünlerin daha fazla payı olabilir. Tek kullanımlık kameralar ve toner kartuşları buna örnek olarak gösterilebilir. Bundan başka, bu araştırma sektörden kaç firmanın katıldığını gösterir fakat gerçek yeniden üretim hacmini göstermez. Diğer bir deyişle bu araştırma, yapıldığı zamandaki en baskın yeniden üretim endüstrilerinin bir resmini göstermektedir (Sundin, 2004: 40).

Bu bölümde lojistik ve tersine lojistik kavramları üzerinde durulmuştur. Lojistiğin tanımı, özellikleri, lojistik yönetiminin temel öğeleri, tersine lojistik süreci, geri kazanım seçenekleri, tersine lojistiğin kaynakları, konu olan ürünler ve diğer konulara değinilmiştir. Bir sonraki bölümde genetik algoritma konusu anlatılacaktır.



## İKİNCİ BÖLÜM

### GENETİK ALGORİTMA

#### 2.1. GENETİK ALGORİTMA KAVRAMI VE GELİŞİMİ

Charles Darwin türlerin kökenindeki doğal evrim teorisini öne sürmüştür. Kuşaklar boyunca, biyolojik organizmalar, belli dikkat çekici görevlere ulaşmak için doğal seçim (güçlü olan hayatta kalır) ilkesine dayalı olarak evrim geçirdiler. Bununla ilgili; albatros kanatlarının mükemmel şekilleri, köpek balıkları ve yunuslar arasındaki etkinlik ve benzerlik en iyi örneklerdir. Nitekim, bu yöntemin doğada çok iyi işlediği görülmüş, optimizasyon problemlerinin çözülmesinde bir yöntem olarak geliştirilmesi fikri ortaya çıkmıştır (Sivanandam ve Deepa, 2008: 15). Darwin'in 1859'da "Türlerin Kökeni" eserinde öne sürdüğü tezler şunlardır (Altay, 2007: 6):

1. Türler sürekli bir gelişme içindedir.
2. İnsanların ataları maymunlar olabilir.
3. Organizmaların üreme potansiyeli yüksektir ama hayatta kalan birey oranı çok düşüktür.
4. Bir türün bireyleri arasındaki değişimler çok yüksektir.
5. Bireyler arasındaki bu çeşitlilik kalıtsal olarak ebeveynlerden çocuklara aktarılır.

1975 yılında Holland "Doğal ve Yapay Sistemleri Uyarlama" isimli kitabında genetik algoritma fikrini öne sürmüştür. Doğal evrimin prensiplerinin nasıl uygulanacağını tanımlamış ve ilk genetik algoritmayı oluşturmuştur. Holland'ın teorisi daha da geliştirilmiş, günümüzde arama ve optimizasyon problemlerinin çözümünde güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Genetik algoritmalar, genetik ve evrim prensiplerine dayanmaktadır (Sivanandam ve Deepa, 2008: 15). Başlangıçta pratik bir yararı olmadığı düşünülen genetik algoritmalara olan ilgi, Holland'ın öğrencisi olan Goldberg'in yaptığı doktora teziyle National Science Foundation (Ulusal Bilim Vakfı) tarafından verilen Genç Araştırmacı Ödülü'nü alması ve dört yıl sonrada klasik eserini yayınlamasıyla çoğalmıştır (Işık, 2006: 29).

Evrimsel ve genetik algoritmalar, doğal evrimi taklit eden olasılıklı arama algoritmalarıdır. Biyoloji, kimya, bilgisayar yardımcı tasarım, şifreleme, sistemlerin

teşhisi, ilaç, mikro elektronik, desen tanıma, ürün planlaması, robotik, telekomünikasyon ve bunun gibi alanlarda pek çok çalışma yayınlanmıştır (Larranage, 1999:130). Özellikle kombinasyonel eniyileme problemlerine yaklaşık iyi sonuçlar bulmayı hedefleyen arama yöntemleridir. Problemin çözümünde kullanılacak rasgele seçilmiş bir çözüm kümesi oluşturabilmek için evrimsel mekanizmaların kullanıldığı bu yöntemlerin temel mantığı topluluğun nesilden nesile geçmesi sırasında kötü çözümlerin yok olmasına ve iyi çözümlerden daha iyi çözümlere ulaşılmasına dayanır (Cevre ve diğerleri, 2007). Son yıllarda genetik algoritma, problemlerdeki karmaşıklığı azaltma ve çok iyi çözümler elde etme yeteneğinden ötürü popüler bir optimizasyon aracı haline gelmiştir (Gupta ve Imtavanich, 2009: 74).

Genetik algoritma, sistemin matematiksel model bilgisine gerek duymaz. Karmaşık matematiksel hesaplamalar yerine yalnızca giriş-çıkış bilgilerine ihtiyaç duyar. Bu avantajlardan dolayı karmaşık problemlerin optimizasyonu için tercih edilebilir bir yöntemdir. Genetik algoritma büyük parametre ve yapısal belirsizlikleri tolere edebilir. Özellikle parametre değerleri önceden bilinmeyen kontrol sistemlerinde de çok iyi sonuçlar verebilmektedir. Ayrıca uygun performans indeksi seçimi ile sistemin arzu edilen dinamik davranışları ve kararlılığı elde edilebilir. Bu şekilde, performans indekslerinin seçimi, sistemden istenilen dinamik davranışların elde edilmesi için çok önemlidir (Tuğ, 2005: 5).

Karmaşık, kısıt sayısı fazla, amaç fonksiyonu kurulamayan ve kesin çözüm yöntemi olmayan optimizasyon problemleri genetik algoritmanın ilgi alanına girmektedir. Genetik algoritmalar, çözümü zor optimizasyon problemlerinde, kesin çözüm olmasa bile yaklaşık bir çözümü kısa sürede bulma özelliğine sahiptir (Paksoy, 2007: 20). Genetik algoritma doğal seçim ve doğal genetik sürecini taklit eden stokastik bir arama metodudur. Başlangıçta “kromozomlar” olarak isimlendirilen rasgele çözüm kümesinin oluşturduğu toplum ile başlar. Bu popülasyon “nesiller” olarak isimlendirilen ardışık tekrarlama yolu ile geliştirilir (Huang ve diğerleri, 2005: 277).

Genetik algoritmaların geleneksel optimizasyon yöntemlerinden farklılıkları ise genellikle dört ana başlık altında toplanabilir (Kahvecioğlu, 2004):

1. Genetik algoritmalar, parametrelerin kendisiyle değil parametre setini kodlayarak çalışır: Genetik algoritmalar, sonlu bir alfabe üzerinden sonlu uzunlukta diziler kodlamak için, optimizasyon probleminin doğal parametre setini kullanır. Parametrelerin kodlanması sonucunda, diğer metotları sınırlayan birtakım özelliklerde de büyük ölçüde serbestlik sağlanmış olur (süreklilik, türevin varlığı, vb.).
2. Genetik algoritmalar tek bir noktada değil bir noktalar kümesinde optimizasyon araştırması yapar: Birçok optimizasyon probleminde, tanım aralığı içindeki tek bir noktadan hareketle bazı geçiş kurallarına göre bir sonraki inceleme noktası bulunur. Bu, noktadan noktaya yönelme metodu, çok sayıda tepe noktası bulunan araştırma uzayı için risklidir. Çünkü bölgesel tepe değerine yaklaşma hatası oluşabilir. Genetik algoritmalarda, çok sayıda noktalardan oluşan bir veri tabanı ile (dizilerin nüfusu) çalışıldığından aynı anda pek çok tepe noktasına atlanabilir.
3. Genetik algoritmalar, türevler ya da diğer yardımcı bilgiler değil sadece amaç fonksiyon bilgisini kullanır: Çoğu araştırma tekniklerinin, doğru bir şekilde çalışması için yardımcı bazı bilgilere ihtiyaçları vardır. Bunun aksine, genetik algoritmalarda hiçbir yardımcı bilgiye ihtiyaç yoktur. Verimli bir araştırma yapmak için gerekli olan, her bir dizinin değerlendirileceği bir amaç fonksiyonudur.
4. Genetik algoritmalar kesin bilinen kuralları değil olasılığa dayalı kuralları kullanır: Genetik algoritmalar araştırmaya yön vermek için, birçok optimizasyon tekniğinin aksine, olasılığa dayalı geçiş kuralları kullanır. Bunun sonucunda araştırmanın, araştırma uzayının hangi bölgesine doğru yöneleceğine karar vermek için rasgele seçim tekniği kullanılır.

## **2.2. GENETİK ALGORİTMANIN UYGULAMA ALANLARI**

Karmaşık problemleri hızlı ve optimuma yakın olarak çözebilen genetik algoritmalar, birçok alandaki problemlerin optimizasyonu için başarıyla

kullanılmaktadır. Genellikle büyük çözüm uzaylarının geleneksel yöntemlerle taranması hesaplama zamanını artırmaktadır. Bu tip problemlere, genetik algoritmalar ile kısa bir sürede iyi bir çözüm elde edilebilmektedir. Genetik algoritmalar özellikle çözüm uzayının geniş, süreksiz ve karmaşık olduğu problemlerde başarılı sonuçlar vermektedir (Bolat, 2006: 43). Genetik algoritmanın temel mantığı bilimsel ve mühendislik problemleri ve modellerinde geniş çapta uygulama alanı bulmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir (Mitchell, 1998: 15-16):

**Optimizasyon:** Genetik algoritmalar, sayısal optimizasyon ve devre yerleşimi ile iş çizelgeleme gibi bazı kombinasyonel optimizasyon problemlerini kapsayacak şekilde optimizasyon görevlerinin geniş bir kısmında kullanılmaktadır.

**Otomatik Programlama:** Genetik algoritmalar bilgisayar programlarının spesifik görevleri için geliştirilmiş, hücresel otomatlar ve sıralama ağları gibi diğer hesap yapıları için kullanılabilir hale gelmişlerdir.

**Makine Öğrenmesi:** Genetik algoritmalar pek çok makine öğrenme uygulamasında kullanılmaktadır. Bunlar hava ve protein yapısının tahmini gibi sınıflandırma ve tahmin görevlerini kapsamaktadır.

**Ekonomi:** Genetik algoritmalar yenilik süreçlerin modellenmesi, fiyat verme stratejilerinin gelişimi ve ekonomik pazarların ortaya çıkışı için kullanılmaktadır.

**Bağışıklık Sistemleri:** Genetik algoritma doğal bağışıklık sistemlerinin çeşitli yönlerinin modellenmesi için kullanılmaktadır. Bireyin yaşamı boyunca bedensel mutasyonu ve çoklu gen ailelerinin evrimsel zamanda keşfi bu kapsamda yer almaktadır.

**Ekoloji:** Genetik algoritmalar biyolojik silahlanma yarışını, paraziti ve onu barındıranın birlikte evrimini, ortakyaşama ve kaynak akışı gibi ekolojik olayları modellemek için kullanılmaktadır.

**Popülasyon Genetiği:** Genetik algoritma, “Hangi şartlar altında bir gen evrimsel açıdan gerçekleştirilebilir olmaktadır?” gibi popülasyon genetiği ile ilgili sorular üzerinde çalışılmasını sağlamaktadır.

**Evrım ve Öğrenme:** Genetik algorıtmalar, bireyin nasıl öğrendiği ve türlerin evriminin diğerlerini nasıl etkilediği gibi konularda çalışmak için kullanılmaktadır.

**Sosyal Sistemler:** Genetik algorıtmalar böcek kolonilerinde sosyal davranışların evrimi ve daha genel olarak çok etmenli sistemlerin işbirliği ve iletişimlerinde evrimi gibi sosyal sistemlerin evrimsel görünüşleri üzerine çalışmalarda kullanılmaktadır.

Genetik algorıtmaların en çok uygulandığı alanların başında üretim/işlemler gelmektedir. Üretim/işlemler alanında genetik algorıtmalar kullanılarak çözümü yapılabilen problemler şunlardır (Polat 2006: 12):

- Montaj Hattı Dengeleme Problemi
- Gezgin Satıcı Problemi
- Tesis Yerleşim Problemi
- Atama Problemi
- Hücresel retim Problemi
- Sistem Güvenilirliği Problemi
- Taşıma Problemi
- Araç Rotalama Problemi
- Minimum Yayılan Ağaç Problemi
- izelgeleme Problemi

Bu problemler içerisinde en yaygın olanı gezgin satıcı problemidir.

### **2.3. GENETİK ALGORİTMANIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI**

Yapısal optimizasyon problemlerinin pek çoğu basit genetik algorıtmalar ile çözülebilmektedir. Yapısal optimizasyon problemlerinin çözülmesinde genetik algorıtmalarının kullanılmasının  önemli avantajı vardır (Chen ve Chen, 1997: 1323):

1. Duyarlılık hesaplamalarının olmaması bu avantajlardan ilkidir. Duyarlılıkların hesaplanması genellikle çok zaman alıcıdır ve ticari olarak sonlu elemanlı yazılımlar tarafından zordur veya imkânsızdır.

2. İkinci avantajı, karışık değişkenli problemlerin kolay çözülmesidir. Problemdaki sürekli değişkenler tasarım değişkenlerinin kodlanması süreci ile istenilen doğrulukta kolayca ayrıklaştırılabilir.
3. Üçüncü önemli avantajı global optimumu bulma konusunda daha fazla şansa sahiptir. Gradyan tabanlı metotlardan farklı olarak, genetik algoritmada ilk tasarım için belirlenen sayıda bir dizi kullanılır. Bu rasgele üretilmiş başlangıç tasarımlar tüm tasarım alanını kapsar, böylece global çözümün bulunması şansı artar.

Yukarıda sayılan avantajlar, genetik algoritmanın tercih edilmesinde önemli yer tutmaktadır. Bu avantajlara ek olarak aşağıdaki konularda da avantaj sağladığı söylenebilir (Haupt ve Haupt, 2004: 23; Sivanandam ve Deepa, 2008: 34-35):

- Sürekli veya kesikli değişkenler içeren optimizasyon problemlerinde kullanılabilir.
- İkincil bilgi gerektirmez.
- Maliyet yüzeyinin geniş bir örnek kümesinde eşzamanlı arama yapabilir.
- Çok sayıda değişkenle başa çıkabilir.
- Paralel bilgisayarlar için uygundur.
- Son derece karmaşık maliyet yüzeylerinde değişkenleri optimize edebilir (yerel minimumlardan kurtulabilir).
- Sadece tek bir çözüm yerine optimum değişkenlerin listesini sunar.
- Değişkenleri kodlayabilir, böylece optimizasyon işlemi kodlanmış değişkenler ile yapılabilir.
- Sayısal olarak oluşturulmuş veriler, deneysel veriler veya analitik fonksiyonlar ile çalışabilir.
- Problem, çoklu amaç fonksiyonuna sahiptir.
- Sadece fonksiyon değerlendirmesini kullanır.
- Farklı sorunlar için kolayca değiştirilebilir.
- Geniş ve tam olarak anlaşılmamış arama uzayları ile başa çıkabilir.
- Çoklu problemler için idealdir. Çözüm paketi döndürür.
- Amaç fonksiyonunun değerlendirilmesindeki zorluklara çok dayanıklıdır.
- Yerel optimuma takılma durumuna karşı dayanıklıdır.

- Büyük ölçekli optimizasyon problemlerinde çok iyi performans göstermektedir.
- Optimizasyon problemlerinin çoğunda kullanılabilir.

Genetik algoritma, sağladığı birçok avantajının yanı sıra, çeşitli sınırlara da sahiptir. Bu sınırlamalar problemin çözümünü zorlaştırabileceği gibi doğru kullanıldığında fazla zorluk çıkarmayacak konulardır. Genetik algoritmanın dezavantajları aşağıdaki gibidir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 35):

- Uygunluk fonksiyonunun belirlenmesi problemi vardır.
- Problem için temsilin tanımı yapılmalıdır.
- Erken yakınsama oluşur.
- Popülasyon büyüklüğü, mutasyon oranı, çaprazlama oranı, seçim metodu gibi çeşitli parametrelerin seçilmesi sorunu vardır.
- Eğim kullanılamaz.
- Özel bilgiler probleme kolayca dâhil edilemez.
- Yerel optimumun belirlenmesinde iyi değildir.
- Etkili bir sonlandırıcı bulunmamaktadır.
- Düzgün tek modlu fonksiyonlar için etkili değildir.
- Bir yerel arama tekniği ile birlikte kullanılması gerekir.
- Tam olarak global optimumu bulmak zordur.
- Çok sayıda uygunluk fonksiyonu değerlendirmesi gerektirir.
- Yapılandırma basit değildir.

## 2.4. GENETİK ALGORİTMANIN TEMEL BİLEŞENLERİ

### 2.4.1. Kromozom

Kromozom, bir dizi değer seti sunan genlerden oluşur. Her bir kromozom bir potansiyel çözüm sunar. Başlangıçta kromozomlar bir dizi çözüm ile bir başlangıç havuzu oluşturmaktadır. Çaprazlama ve mutasyon süreci bu havuz içerisinde yürütülür. Bu işlemlerden sonra evrim gerçekleştirildiğinde yeni kromozomlar oluşturulacaktır. Yeni kromozom ebeveynlerinden daha iyi olabilir veya olmayabilir (Chan ve diğerleri, 2005: 347). Eğer kromozomlar ebeveynlerinden daha iyi ise

çözüm kümesinde varlıklarını sürdürürler. Amaç, daha iyi çözüm setlerine ulaşmak olduğu için çözüm kümesinin sürekli gelişmesi, optimuma yakın çözüme ulaşınca kadar nesilden nesile gelişme olması beklenmektedir.

Kromozom üzerinde yer alacak bilgiler; genetik algoritmanın, çözüm uzayında en iyi çözümü araması için gerekli olan bilgilerin tümünü içerecek şekilde tasarlanmalıdır. Böylece genetik işlemler ile daha etkili sonuçları üretmek mümkün olmaktadır (Paksoy, 2007: 21).

Her bir kromozomun bir çözümü temsil edebilmesi için kodlanması gerekir. Kodlama işlemi, çözümün değerinin belirlenmesi, çaprazlama ve mutasyon gibi işlemlere uygun olmalıdır. Kromozomların kodlanması için çeşitli alternatifler mevcut olmakla birlikte en çok tercih edilen kodlama yöntemleri; ikili kodlama ve permütasyon kodlamadır.

#### 2.4.1.1. İkili Kodlama

İkili kodlama (bit dizileri) bir takım nedenden ötürü en yaygın kodlama türüdür. Birincisi tarihsel nedenle: Geçmişteki çalışmalarında Holland ve öğrencileri bu tip kodlamalar üzerine yoğunlaşmıştır ve genetik algoritma uygulamaları bu yolu takip etme eğiliminde olmuştur. Mevcut genetik algoritma teorisinin çoğu sabit uzunlukta, sabit sıralı ikili kodlama varsayımına dayanmaktadır. Bu teorisinin çoğu diğer kodlama türlerine uyarlanacak biçimde genişletilebilir, ancak bu tip eklentiler orijinal teorideki kadar gelişmiş değildirler. Ek olarak, uygun parametre ayarları (örneğin, çaprazlama ve mutasyon oranları için) hakkında buluşsal yöntemler genel olarak ikili kodlamalar bağlamında geliştirilmiştir (Mitchell, 1998: 156-157). İkili kodlamalar ile oluşturulmuş kromozomlar Tablo 6'daki gibidir.

**Tablo 6:** İkili Kodlama İle Oluşturulmuş Kromozomlar

|            |                                |
|------------|--------------------------------|
| Kromozom 1 | 0011101110101101110101101010   |
| Kromozom 2 | 001101011011010101010100011011 |
| Kromozom 3 | 111010110110101011011011010101 |
| Kromozom 4 | 011010110101101101010001101100 |

Kaynak: Tarafımızca geliştirilmiştir.



Görüldüğü gibi, her bir kromozom “0” ve “1” rakamlarından oluşan karakter dizilerinden oluşmaktadır. Bu karakter dizilerinde ilgili sıra için “0” değeri boş, kapalı, atanmamış, “1” değeri dolu, açık, atanmış gibi anlamlara gelebileceği gibi, ihtiyaca göre farklı işlevleri de temsil edebilir.

İkili kodlamada çok küçük değerler kullanılmasına rağmen çok çeşitli bireyler yaratmak mümkündür. Diğer bir yandan da bazı problemler için kodlama türü yeterince uygun (doğal) olmadığı için çaprazlama ve/veya mutasyon aşamasından sonra düzeltme yapılması gerekebilir. Sırt çantası problemlerinde olduğu gibi, değeri ve büyüklüğü sabit cisimlerin hacmi ve boyutları belli olan uzay parçasına maksimum sayıda yerleştirilmesi problemi için bu kodlama tipi kullanılabilir (Yağsan, 2006: 41).

#### 2.4.1.2. Permütasyon Kodlama

Permütasyon kodlamada her kromozom, ilgili karakterin sıralamadaki pozisyonunu belirten sayılardan oluşan bir dizi ile ifade edilir. Permütasyon kodlama, genelde gezgin satıcı problemi gibi sıralama problemlerinde kullanılır (Cevre ve diğerleri, 2007). Tablo 7’de permütasyon kodlama ile oluşturulmuş kromozom örnekleri yer almaktadır.

**Tablo 7:** Permütasyon Kodlama İle Oluşturulmuş Kromozomlar

|            |                   |
|------------|-------------------|
| Kromozom 1 | 3 2 1 6 7 5 8 4 9 |
| Kromozom 2 | 9 2 5 6 1 3 4 8 7 |
| Kromozom 3 | 1 4 6 5 3 2 9 7 8 |
| Kromozom 4 | 5 9 1 4 6 7 3 8 2 |

Kaynak: Tarafımızca geliştirilmiştir.

Yukarıdaki örnekte görüldüğü gibi, her bir kromozom farklı bir sıralamaya sahiptir. Gezgin satıcı probleminden örnek vermek gerekirse, her bir sayı uğranacak bir noktanın numarasını temsil eder. En kısa yolun bulunmasını amaçlayan gezgin satıcı probleminde bütün noktaların en kısa mesafede dolaşılması mantığına dayalı olarak, bu amacı gerçekleştirme derecelerine göre her bir kromozomun değeri

belirlenir. Bu değer uygunluk değeri olarak ifade edilmekte olup ilerleyen kısımda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

#### **2.4.2. Gen**

Gen, bir canlının (bireyin) kalıtsal özelliklerinden herhangi birini taşıyan parçadır. Bu nedenle kalıtımın fiziksel ve işlevsel birimi olmaktadır. Her gen, özel bir işlev taşıyan kromozomların belli konumunda bulunan dizilerden/değerlerden oluşmaktadır (Paksoy, 2007: 21). Genetik biliminde belirli bir özelliği şifreleyen DNA blokları anlamına gelen genler, genetik algoritmalarda ise olası çözümün temelini oluşturan bir veya birkaç bitlik bloklardır (Özkan, 2008: 18).

Genlerin bir dizi halinde sıralanması ile ortaya çıkan genler dizisine “kromozom” adı verilmektedir. Böylece bir kromozomda, problemdeki karar değişkenlerinin her birinin bir arada bir dizi halinde bulunduğu anlaşılmaktadır (Şen, 2004: 25). Genler genetik algoritmaları inşa eden temel bilgilerdir. Bir kromozom bir gen sekansıdır. Genler bir probleme tam çözüm olmasa da olası çözümü tanımlayabilir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 41).

#### **2.4.3. Topluluk Büyüklüğü**

Topluluk büyüklüğü, çözümde yer alan bireylerin sayısıdır. Başlangıçta rasgele oluşturulan çözüm seti başlangıç kromozomlarını oluşturur ve topluluğun büyüklüğünü belirler. Genetik algoritma işletilmeye başlandıktan sonra topluluk büyüklüğünde herhangi bir değişim olmaz. Aynı sayı döngü durdurulana kadar devam eder.

Topluluk büyüklüğünün doğru belirlenmesi çözüme ulaşma açısından son derece önemlidir. Topluluk büyüklüğünün gereğinden küçük olması iyi çözümlerin popülasyondan ayrılması riskini barındırır. Gereğinden büyük olması ise hesaplamaların çok fazla zaman almasına neden olarak sonuca ulaşmayı zorlaştırır. Bu sebeple, çözüme yavaş ulaşılmasını ve iyi çözümlerin popülasyondan ayrılmasını engelleyecek bir dengenin sağlanması gerekir.

#### **2.4.4. Uygunluk Değeri ve Uygunluk Fonksiyonu**

Genetik algoritmaların işlevselliğinin temel öğelerinden biri uygunluk değeridir. Uygunluk değeri çözüm havuzundaki her bir bireyin (yani kromozomun) seçilmesi durumunda ortaya çıkacak olan değerini gösterir. Uygunluk değeri, uygunluk fonksiyonu ile belirlenir.

Kromozomların uygunluk değerlerinin hesaplanması, çaprazlanacak olan bireylerin seçilmesi, sıralama ve çözümden çıkacak olan bireylerin belirlenmesi gibi işlemler için gereklidir. Örneğin; her bir evrim gerçekleşmesinde çaprazlama sonucu ortaya çıkan kromozomlar popülasyonun sayısını artıracaktır. Topluluk büyüklüğünün aynı kalması koşulundan dolayı eklenen kromozomların sayısı kadar kromozom çözüm kümesinden ayrılmalıdır. Uygunluk değerlerine göre sıralama yapıldığında kötü uygunluk değerine sahip bireyler popülasyondan çıkarılabilir. Çünkü daha önce de değinildiği gibi, genetik algoritmanın mantığı gereği iyi çözümlerden daha iyi çözümler üretilmesi ve kötü çözümlerin popülasyondan ayrılması gerekmektedir.

Çok kriterli optimizasyon durumlarında, uygunluk fonksiyonunu belirlemek kesinlikle daha zordur. Çok kriterli optimizasyon problemlerinde, bir çözümün diğerinden daha iyi olduğunun belirlenmesinin nasıl yapılacağı konusunda çoğunlukla bir ikilem mevcuttur. İleri seviye problemler için Pareto verimliliği veya çok kriterli optimizasyon teorisindeki diğer fikirleri göz önünde bulundurmak yararlı olabilir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 41).

### **2.5. GENETİK OPERATÖRLER**

#### **2.5.1. Seçilim**

Seçilim, çaprazlama için popülasyondan iki ebeveynin seçilmesi sürecidir. Bir kodlama üzerine karar verdikten sonraki adım seçimin nasıl gerçekleştirileceğine karar vermektir. Yani, gelecek nesilde yer alacak çocukları meydana getirecek bireylerin nasıl seçileceğine ve kaç çocuk meydana getirileceğine karar vermektir. Seçilimin amacı çocukların daha iyi uygunluk değerine sahip olacağı umuduyla

popülasyondan bireylerin seçilmesidir. Kromozomlar başlangıç popülasyonundan üreme için seçilmektedir. Problem, bu kromozomların nasıl seçileceğidir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 46).

Yeni topluluğu oluşturmak için mevcut topluluktan çaprazlama ve mutasyon işlemine tabi tutulacak bireylerin seçilmesi gerekir. Teoriye göre iyi olan bireyler yaşamını sürdürmeli ve bu bireylerden yeni bireyler oluşturulmalıdır. Bu nedenle tüm seçim yöntemlerinde uygunluk değeri fazla olan bireylerin seçilme olasılığı daha yüksektir. En bilinen seçim yöntemleri “Rulet Seçilimi”, “Turnuva Seçilimi” ve “Sıralı Seçim”dir (Cevre ve diğerleri, 2007).

#### **2.5.1.1. Rulet Seçilimi**

Rulet Seçilimi ilk defa Holland tarafından ortaya çıkarılmıştır. Burada tüm bireylerin uygunluk değerleri bir çizelgede yazılır ve bu değerler toplanır. Tüm bireylerin uygunluk değerleri toplama bölünerek “0-1” aralığında sayılar elde edilir ve sayıların hepsi bir çizelgede toplanır. Çizelgedeki sayılar birbirine eklenerek rasgele olarak bir sayıya kadar ilerlenir ve bu sayıya ulaşıldığında son eklenen sayının ait olduğu çözüm seçilmiş olur (Bolat, 2004: 267).

Bu metot daha ayrıntılı bir şekilde aşağıdaki gibi işlemektedir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 48):

1. Popülasyondaki bireylerin toplam beklenen değerler toplanır. Bu toplam T ile temsil edilir.
2. Aşağıdaki adımlar N kere tekrar edilir:
  - a. 0 ve T arasında rasgele bir ‘r’ sayısı seçilir.
  - b. Popülasyondaki birey sayısı kadar uzunlukta bir döngü oluşturulur, beklenen değerler toplanır. ‘r’ sayısından büyük veya eşitse döngü durulur. Beklenen değeri bu toplam değere denk gelen birey seçilir.

Rulet seçilimi uygunluk değerine bağlı olduğu için uygunluk değerleri arasındaki farkların çok büyük olduğu durumlarda istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle uygunluk değerleri arasındaki değişkenliğin dikkate alınması

gerekir. Eğer uygunluk değerleri arasındaki farklar çok fazla ise rulet seçilimi yerine sıralı seçilimin uygulanması daha doğrudur.

Rulet seçim yönteminde dikkat edilmesi gereken bir konu da uygunluk değerinin neyi ifade ettiğidir. Gezgin satıcı problemi gibi problemlerde daha düşük uygunluk değeri daha iyidir. Bu durumda yukarıdaki süreç uygulandığında kötü uygunluk değerine sahip bireylerin seçilmesi olasılığı artar. Bunu önlemek için yöntemine uygun olarak daha düşük uygunluk değerine sahip bireylerin daha yüksek oranla seçilmesini sağlayacak kodun eklenmesi gerekir.

#### 2.5.1.2. Turnuva Seçilimi

Turnuva seçim yönteminde yerine koyarak ya da koymadan rastgele  $t$  adet birey seçilir ve bu büyüklüğe turnuva genişliği adı verilir. Bu gruptaki en iyi birey, yeni popülasyona kopyalanır. Bu işlem kullanıcı tarafından önceden kararlaştırılan çevrim sayısı kadar tekrarlanır (Bolat, 2004: 267).

Turnuva seçiliminin birçok şekli vardır fakat bütün durumlarda iki birey birbiriyle yarışır. Daha uygun olan kazanır ve çocukları meydana getirir, kaybeden ise ortadan kalkar. Burada açıklanan versiyonda ebeveynlere ait bir rasgele liste oluşturulur ve bu listeye göre herhangi bir konumdaki ebeveyn, sıra listesinde aynı hizada ebeveyn ile kıyaslanır. Daha iyi uygunluk değerine sahip olan hayatta kalır. Turnuva tamamlandığında üçüncü sütun hayatta kalan ebeveynleri listeler (Yeo, 1998: 271). Tablo 8’de turnuva seçiliminin uygulandığı bir örnek yer almaktadır.

**Tablo 8:** Turnuva Seçilimi Örneği

| Sıra Numarası | Rasgele Sayı | Hayatta Kalan |
|---------------|--------------|---------------|
| 1             | 6            | 1             |
| 2             | 3            | 3             |
| 3             | 1            | 3             |
| 4             | 8            | 4             |
| 5             | 7            | 7             |
| 6             | 2            | 2             |
| 7             | 4            | 7             |
| 8             | 5            | 5             |

Kaynak: Yeo, 1998: 271.

Tablonun ilk sütununda kromozomların numaraları artan sıra ile listelenmektedir. Ancak artan sıranın uygunluk değerleri değil, sadece popülasyondaki konumudur. İkinci sütunda ise rasgele olarak belirlenmiş sayılar yer almaktadır. Bu sütundaki sayılar aynı şekilde kromozomların sıra numaralarını ifade eder. Aynı hizadaki kromozomlar birbirleri ile kıyaslanır ve daha iyi uygunluk değerine sahip bireyler hayatta kalır. Örneğin ilk sırada 1. ve 6. bireyler karşılaştırılmış, 1. birey hayatta kalmıştır. Diğer sıralardaki karşılaştırmalar bittiğinde turnuva işlemi tamamlanmış ve hayatta kalma şansına sahip bireylerin listesi oluşturulmuş olur.

### **2.5.1.3. Sıralı Seçilim**

Uygunluk değerleri arasındaki farkların çok fazla olması durumunda rulet seçilimi hep aynı çözümler etrafında dolaşarak yerel minimumlara takılma sorununa yol açabilir. Sıralı seçilim, rulet seçilimdeki bu dezavantajı ortadan kaldırmaya yönelik olarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntemde en kötü uygunlukta olan bireye 1 değeri verilir, ondan daha iyi olana 2, daha iyisine 3 değeri verilerek devam edilir. Bir bireyin seçilme olasılığı, o bireye verilen değer tüm bireylere verilen değerler toplamına oranı kadardır (Özkan, 2008: 22-23). Bu yöntemdeki amaç düşük uygunlukta kromozomlara da seçilme şansı tanımadır, ancak bu durum çözümün daha geç yakınsamasına neden olabilir (Cevre ve diğerleri, 2007).

### **2.5.2. Çaprazlama**

Çaprazlama operatörü, eşleştirme havuzundaki kromozomlar arasında genlerin değişimidir. Bu sürecin amacı bir kromozomun zayıf genlerini diğer kromozomlardan alınan daha güçlü genlerle değiştirmektir. Bu süreç optimal nokta için çözümü bir adım ileri götürmektedir (Chan ve diğerleri, 2005: 49).

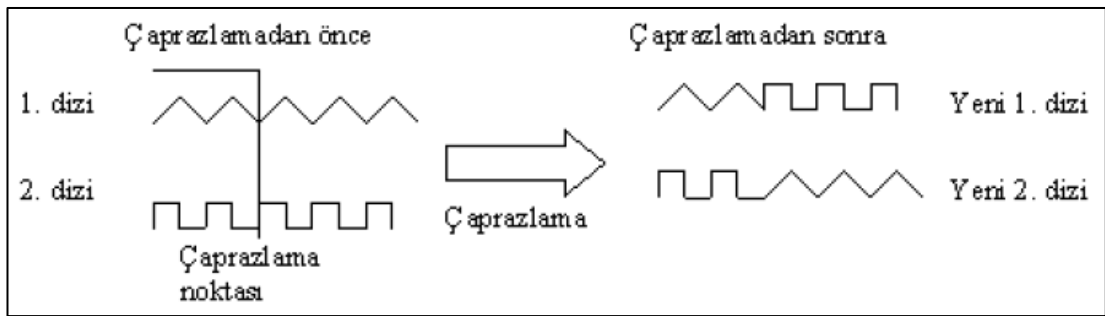
Eşleştirme havuzunda, her bir kromozom değeri ile eşleşmektedir. Çaprazlama süresince bir veya daha fazla gen bu kromozom çifti arasında değiştirilir. Aslında, çaprazlamanın pek çok farklı yolu vardır. Bu, sorunun doğasına uyacak

şekilde özel olarak tasarlanmaktadır. Genel olarak çaprazlama, tek noktalı veya çok noktalı çaprazlama olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir (Chan ve diğerleri, 2005: 49).

Algoritmanın başında belirlenen çaprazlama oranı, bir dizi için uygulanacak çaprazlama işleminin olasılığını gösterir. Bu oran tüm algoritma boyunca sabit olabileceği gibi, nesillere göre de değişebilir. Bu oranın çok yüksek olması nüfus içinde yeni dizilerin daha hızlı oluşmasını sağlar. Dolayısıyla yüksek performanslı diziler de hızlı bir şekilde atılabilir. Diğer taraftan, çaprazlama oranı çok düşük olursa değişime uğrayacak dizi sayısı az olacağından araştırma durgunlaşıp yavaşlayabilir (Kahvecioğlu, 2004).

Basit bir çaprazlama işlemi iki adımda yürütülür. İlk olarak çaprazlama işlemine uğrayacak diziler rasgele belirlenir. İkinci adımda ise çaprazlama işlemi uygulamak için dizi üzerinde bir  $k$  tam sayı pozisyonu yine rasgele seçilir. Diziyi oluşturan karakterlerin sayısı ya da dizi uzunluğu  $l$  ise,  $k$  çaprazlama pozisyon değeri 1 ile  $l-1$  arasında olmalıdır. Buna göre rasgele seçilen bir dizi çiftinde,  $k+1$  ile  $l$  arasındaki bütün karakterler karşılıklı olarak yer değiştirilerek iki yeni dizi elde edilir. Yüksek başarılı dizilerin, nüfus içinden hızlı bir şekilde atılmaması için çaprazlama oranının uygun bir değerde seçilmesi gerekir. Nüfus içindeki iki dizi arasındaki çaprazlama işlemi Şekil 6'da gösterilmektedir (Kahvecioğlu, 2004).

**Şekil 6:** Çaprazlama İşleminin Şematik Gösterimi



Kaynak: Kahvecioğlu, 2004.

Çaprazlama işleminin şematik gösteriminde çaprazlanacak iki birey, iki dizi olarak ifade edilmektedir. Seçilim işlemi sonunda çaprazlama için seçilmiş olan iki dizinin çaprazlanabilmesi için çaprazlama noktalarının belirlenmesi gerekmektedir.

Şekilde tek noktalı çaprazlama işlemi gösterilmektedir. Buna göre oluşturulan yeni iki birey, çaprazlama noktası sınır olmak şartı ile her iki kısımda iki ebeveynin de genlerini içermektedir. Eğer çaprazlama çok noktalı yapılacaksa mantık aynı olmak şartı ile sırası ile ebeveynlerden genler benzer şekilde aktarılır. Çaprazlamanın tek veya çok noktalı olup olmayacağı tercihe bağlıdır. Daha önce de belirtildiği gibi çaprazlama sonucunda ortaya çıkan bireylerin daha iyi olup olmadığını anlamak için uygunluk fonksiyonu ile bulunacak olan uygunluk değerleri gereklidir.

### 2.5.3. Mutasyon

Genetik algoritma problemlerinin çözümünde yerel optimuma takılmamak için mutasyon işlemi uygulanır. Sürecin rasgeleliği nedeniyle bazen kromozomlar global optimumun değil, yerel optimumun çevresinde dolaşır. Bu nedenle yerel optimum çevresindeki kromozomlar çaprazlama için seçilir. Çünkü bunlar daha iyi uygunluk değerlerine sahiptir ve global optimuma dönüşmek için çok küçük bir şansa sahiptir. Mutasyon, başka türlü bulunamayacak çözümleri elde edecek tamamen rasgele bir yoldur (Karova ve diğerleri, 2005: 3).

Mutasyon işlemini gerçekleştirmek için bazı bireyler mutasyon için rasgele olarak seçilirler, daha sonra mutasyon noktası rasgele olarak belirlenir. Dizinin uygun pozisyonundaki değer değiştirilir (Karova ve diğerleri, 2005: 1). Mutasyon işlemi, önceki iki işlemde kaybedilen yararlı genlerin kurtarılması için tasarlanmıştır. Mutasyon işleminde mutasyon olasılığına bağlı olarak dizideki değer değiştirilir. Örneğin ikili kodlamada “0” değeri “1” ile, “1” ise “0” ile değiştirilir. Bu işlem ile daha iyi bireyler üretilebilir (Chen ve Chen, 1997: 1323). Tablo 9’da mutasyon işlemi uygulanmış iki kromozom örneği yer almaktadır.

**Tablo 9:** Mutasyon İşlemi

|                                      | İkili Kodlama            | Permütasyon Kodlama             |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| <b>Mutasyon Uygulanacak Kromozom</b> | 1 0 0 1 0 <b>1</b> 1 1 0 | 5 <b>1</b> 6 4 7 9 2 <b>8</b> 3 |
| <b>Mutasyon Uygulanmış Kromozom</b>  | 1 0 0 1 0 <b>0</b> 1 1 0 | 5 <b>8</b> 6 4 7 9 2 <b>1</b> 3 |

Kaynak: Tarafımızca geliştirilmiştir.



İkili kodlama ile kodlanmış kromozomda altıncı sıradaki bit değeri mutasyon işlemi uygulanmak amacıyla seçilmiştir. Bu kromozoma mutasyon uygulanması için “1” değeri “0” ile değiştirilmiştir. Permütasyon kodlama ile oluşturulmuş kromozomda mutasyon işlemi rasgele seçilen iki noktanın yer değiştirmesi şeklinde yapılmıştır. Örnekte “1” ile “8” rakamları yer değiştirmiştir. Bu iki rakamın seçilmesi tamamen tesadüfi olmakta, sadece bulundukları konuma bağlıdır.

Mutasyon işlemi, problemin başında belirlen mutasyon olasılığı ile yapılır. Mutasyon olasılığı genellikle 0,01 gibi çok düşük bir oranla gerçekleştirilir. Eğer mutasyon olasılığı çok büyük olursa bu, kromozomların gereğinden fazla değiştirilmesi anlamına gelir ve çözümün optimuma yaklaşması zorlaşabilir.

#### **2.5.4. Çaprazlama ve Mutasyon Olasılığı**

Çaprazlama olasılığı çaprazlamanın hangi sıklıkta yapılacağını belirtir. Eğer hiç çaprazlama yapılmaz ise (çaprazlama olasılığı %0) yeni bireyler eski bireylerin aynısı olur ama bu yeni kuşağın eskisiyle aynı olacağı anlamına gelmez. Eğer bu oran %100 olursa yeni bireyler tamamıyla çaprazlama ile elde edilir. Çaprazlama eski bireylerden iyi taraflar alınarak elde edilen yeni bireylerin daha iyi olması umuduyla yapılır (Kurt ve Semetay, 2001).

Mutasyon olasılığı ise mutasyonun hangi sıklıkta yapılacağını belirtir. Mutasyon olmaz ise yeni birey çaprazlama veya kopyalama sonrasında olduğu gibi kalır. Eğer mutasyon olur ise yeni bireyin bir kısmı değiştirilmiş olur. Eğer bu oran %100 olursa kuşak içindeki bireyler tamamen değişir, %0 olursa hiç değişmeden kalır (Kurt ve Semetay, 2001).

## **2.6. GENETİK ALGORİTMADA SONLANDIRMA KOŞULU**

Genetik algoritma sürecinin sonlandırılmasına ilişkin kesin bir kural yoktur. Genetik algoritma bir arama algoritması olduğu için global optimumu garanti etmez. Dolayısıyla optimuma ulaşıldığı kanaatine varıldığında algoritmanın durdurulmasını

sağlayacak bir sonlandırma stratejisinin belirlemesi gerekir. Aksi takdirde genetik algoritma süreci çalışmaya devam eder.

Genetik algoritmanın sonlandırılması ile ilgili kesin bir bilgi olmamasına karşın, aşağıdaki seçeneklerden biri tercih edilebilir (Haupt ve Haupt, 2004: 109):

1. Doğru cevabın bulunması durumu: Bu seçenek basit görülebilir. Seçilen en iyi kromozomun bilinen en iyi çözüme ulaşması, algoritmayı sonlandırmak için bir seçenek olabilir.
2. Herhangi bir gelişme olmadığı durumda: Eğer genetik algoritmada X sayıda tekrarda aynı en iyi kromozom ile devam ediliyorsa durulabilir. Bu durumda iyi bir cevap bulunmuş olabilir, ancak yerel minimuma takılma olasılığı da vardır.
3. İstatistiksel koşul: Popülasyonun ortalaması veya standart sapması belli bir seviyeye ulaştığında algoritmanın durdurulması kararlaştırılabilir. Bunun anlamı, değerlerin daha fazla değişmiyor olmasıdır.
4. Belli bir iterasyon sayısının belirlenmesi: Eğer algoritma yukarıdaki sebeplerden biri ile durdurulmuyorsa, en büyük iterasyon sayısı ile sınırlandırılabilir. Eğer bu yapılmazsa algoritma sonsuza kadar devam eder.
5. Yerel iyileştirici: Eğer daha fazla iyileştirme olmuyorsa yerel iyileştirici kullanılması gerekir.

## **2.7. GENETİK ALGORİTMA AŞAMALARI VE AKIŞ ŞEMASI**

Genetik algoritmalar genel olarak aşağıdaki adımları gerçekleştirir (Mitchell ve Taylor, 1999: 594):

1. n adet kromozomdan oluşan rasgele bir popülasyon ile başlanır.
2. Popülasyondaki her kromozomun uygunluk değeri hesaplanır.
3. Yeni toplum (n adet birey) oluşturuluncaya kadar aşağıdaki adımlar tekrar edilir:
  - a) Mevcut popülasyondan seçim teknikleri yardımıyla bir çift ebeveyn kromozom seçilir.
  - b) Belirlenmiş olan çaprazlama olasılığı ile çaprazlama işlemi gerçekleştirilip çocuklar oluşturulur.

c) Mutasyon olasılığı ile yeni oluşturulan çocuklara mutasyon uygulanır. Mutasyon uygulanmış olan yeni kromozomlar yeni popülasyonda yer alır.

4. Yeni popülasyon mevcut popülasyonun yerini alır.

5. 2. adıma geri dönülür.

Yukarıda anlatılan basit prosedür genetik algoritmanın çoğu uygulaması için temel teşkil etmektedir. Burada doldurulması gereken bir dizi ayrıntı vardır. Örneğin; çözümlerin nasıl kodlanacağı, popülasyon büyüklüğünün ne olacağı, seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin ayrıntıları ve olasılıkları, izin verilen en fazla nesil sayısı gibi. Algoritmanın başarısı çoğunlukla bu ayrıntılara bağlıdır (Mitchell ve Taylor, 1999: 595).

**Şekil 7: Özet Genetik Algoritmanın Sözde-Kodu**

**BAŞLA ÖĞA**

Başlangıç popülasyonunu rasgele oluştur.

**DURMA KOŞULU SAĞLANINCAYA KADAR DEVAM ET**

**BAŞLA**

Popülasyondan ebeveynleri seç.

Seçilen ebeveynlerden çocuklar üret.

Bireylere mutasyon uygula.

Çocukları ekleyerek popülasyonu genişlet.

Genişlemiş olan popülasyonu azalt.

**BİTİR**

Bulunan en iyi bireyi göster.

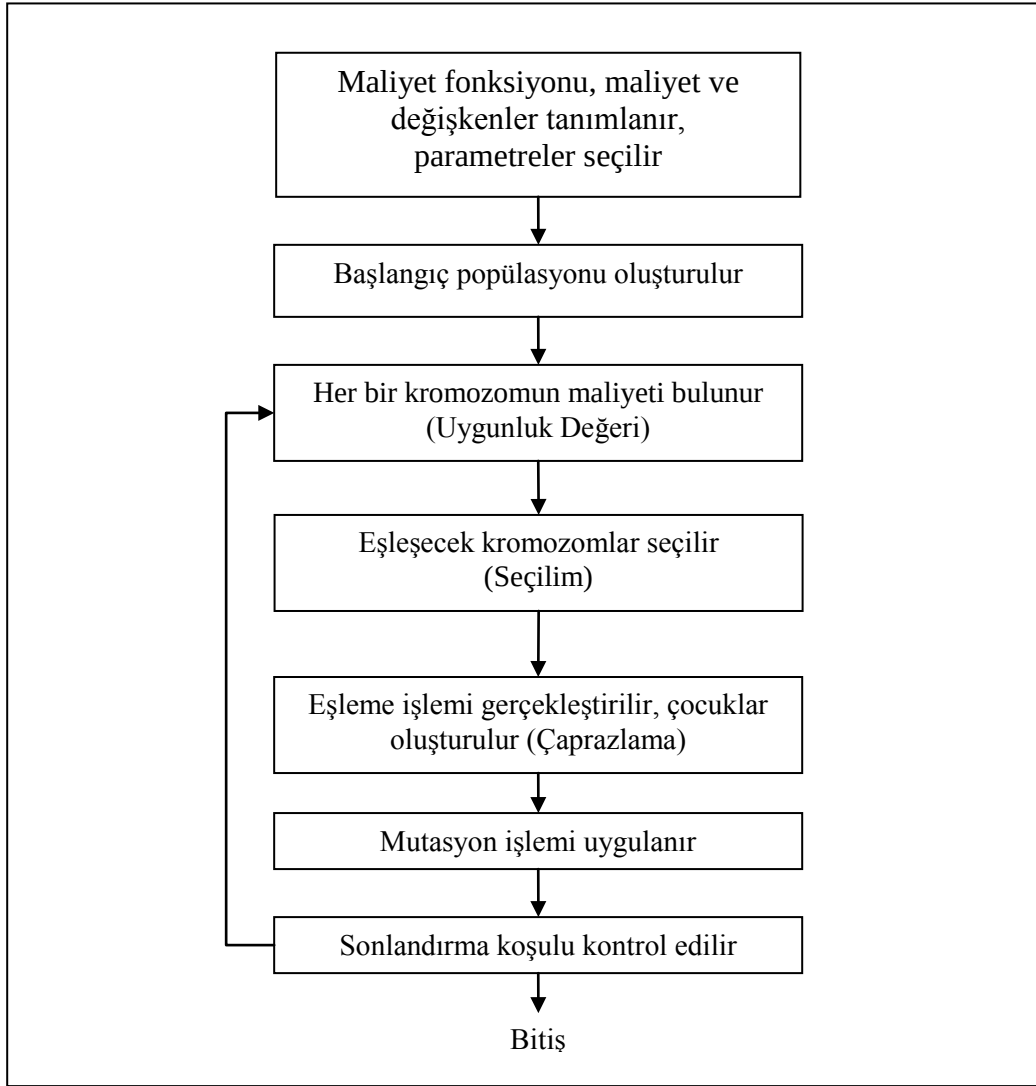
**BİTİR ÖĞA**

Kaynak: Larranaga, 1999: 131.

Genetik algoritma süreci için bilgisayar programlarından yararlanılmaktadır. Özet genetik algoritmanın bilgisayar programında kodlanmasına yönelik sözde kodu ise Şekil 7’de yer almaktadır. Sözde kodda başlangıçta öncelikle ilk popülasyonun oluşturulması gerektiği göze çarpmaktadır. Daha sonra bir sonlandırma koşulu ile nesillerin oluşturulduğu döngüye girilir. Her yeni nesil oluşturulurken yapılması

gereken işlemler (seçilim, çaprazlama, mutasyon) içteki döngüde yer almaktadır. Genişletilmiş olan popülasyonun azaltılması işlemi ise nesilden nesile popülasyon büyüklüğünün aynı kalması amacıyla kötü kromozomların çıkarılması işlemidir.

**Şekil 8:** Genetik Algoritma Akış Şeması



Kaynak: Haupt ve Haupt, 2004: 52.

Genetik algoritmanın temel işleyişine ait akış diyagramı ise Şekil 8’de yer almaktadır. Akış diyagramında da görüldüğü gibi, genetik algoritma uygulamasının ilk adımı maliyet fonksiyonunun, maliyetlerin, değişkenlerin ve parametrelerin tanımlanmasıdır. En az diğerleri kadar önemli olan aşama bu aşamadır, çünkü maliyet yani uygunluk fonksiyonu bütün işlemlerin ve karşılaştırmaların yapılması

için kullanıldığından dikkatli belirlenmelidir. Yanlış değerlendirme, modelin de hatalı çözülmesine neden olacağı için karar vericiler açısından son derece önemlidir. Akış diyagramındaki diğer adımlar, özet genetik algoritma kodu ile benzer olduğu için tekrar değinilmeyecektir.

## **2.8. GENETİK ALGORİTMANIN PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Genetik algoritmanın hangi koşullarda ve uygulamalarda iyi sonuçlar vereceği konusunda kesin bir şey söylemek kolay olmamaktadır (Paksoy, 2007: 41). Bunun nedeni genetik algoritmanın bir arama algoritması olmasıdır. Dolayısıyla genetik algoritmanın başarılı olup olmaması, daha önce yapılmış çalışmalara ve deneyimlere bağlı olarak değerlendirilebilir.

Genetik algoritmanın etkili olmasında tüm faktörler önemlidir fakat öncelikle ve en önemli olan faktör uygunluk fonksiyonudur. Çünkü işlemler kromozomların uygunluk değerleri aracılığı ile yapılmaktadır. Örneğin, seçim işleminde rulet seçilimi için uygunluk değerlerinin toplanması, turnuva seçilimi için aynı sıradaki kromozomların uygunluk değerlerinin kıyaslanması ve sıralı seçimde ise öncelikle uygunluk değerlerinin sıralanmasına dayanması nedeniyle önem arz etmektedir. Popülasyondan çıkarılacak kromozomların belirlenmesi de aynı şekilde uygunluk değerlerinin kıyaslanmasına bağlıdır.

Bir genetik algoritmanın başarılı olmasında etkili olan diğer faktörler ise şöyle sıralanabilir (Mitchell ve Taylor, 1999: 595):

- Aday çözümlerin nasıl kodlandığı,
- Popülasyonun büyüklüğü,
- Seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin detayları ve olasılıkları,
- İzin verilen maksimum nesil sayısı.

Literatürde genetik algoritmanın etkinliğinin artırılması için bir yerel arama metodu ile birlikte kullanıldığı melez genetik algoritma önerilmektedir. Bu amaçla yazılım tasarımında 2-Opt yerel metodu ile birlikte kullanıldığı melez genetik algoritma tercih edilmektedir.

## 2.9. GENETİK ALGORİTMA VE GEZGİN SATICI PROBLEMİ

### 2.9.1. Gezgin Satıcı Problemi Kavramı

Gezgin satıcı problemi (GSP) ifade edilmesi kolay fakat çözülmesi çok zor olan bir klasik kombinasyonel optimizasyon problemidir. GSP’de amaç, her noktanın sadece bir kez ziyaret edilmesi koşulu ile  $N$  adet noktanın en kısa veya en düşük maliyetli dolaşılmasını sağlayan yolun bulunmasıdır. Bu problem NP-Zor olarak bilinir ve polinom zaman içinde tam olarak çözülemez (Potvin, 1996). Bu sebeple, özellikle büyük ölçekli problemlerde etkin çözümler elde etmek için sezgisel yaklaşımların kullanımı oldukça yaygındır (Sansarcı ve diğerleri, 2009).

GSP yapay zekâ ve eniyileme alanında en çok araştırılan ve çözümler üretilen, algoritmalar geliştirilen bir problemidir. Teorik bilgisayar bilimleri ve yöneylem araştırmasında kombinasyonel eniyileme problemidir. Çok farklı eniyileme yöntemleri, yapay zekâ teknikleri bu probleme yönelik olarak geliştirilmiştir (Aytekin ve Kalaycı, 2010).

GSP’de genetik algoritma gibi sezgisel algoritmalar ile makul bir sürede en iyiye yakın sonuçlar elde edilebilmektedir. Genetik algoritma, doğal kromozomların evrimsel gelişimine benzetime dayalı global bakış açısı ile uygulanabilir çözümleri arar. Genetik algoritmanın 2-Opt gibi bir yerel arama sezgiseliyle birleşimi ile ortaya çıkan algoritma “Melez Genetik Algoritma” olarak isimlendirilir ve bu genetik algoritmayı daha güçlü kılar. Croes (Croes, 1958) tarafından önerilen 2-Opt, GSP için basit ve yaygın olarak kullanılan yerel arama metodudur (Lin ve Hu, 2008: 465).

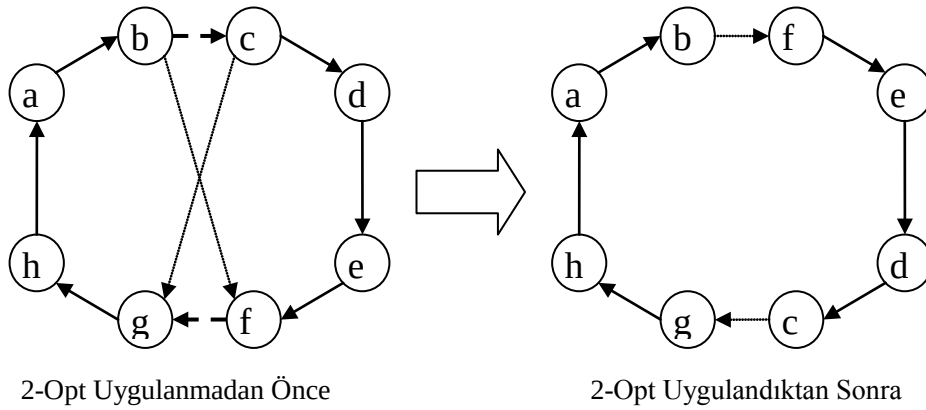
### 2.9.2. 2-Opt Yerel Arama Metodu

2-Opt yerel arama metodu gezgin satıcı problemi çözüm algoritmaları arasında en iyi bilinen yerel arama metodudur. Bu, turu kenar kenar iyileştirir ve alt turu ters çevirir (Sengoku ve Yoshihara, 1998). Şekil 9’da sekiz noktalı bir tur görülmektedir. Bu turda [bc] ve [fg] kenarları için 2-Opt uygulanmak istenirse şu hesaplamanın yapılması gerekir:

Eğer  $[bf] + [cg] < [bc] + [fg]$  ise turun bir tarafı sabit kalacak şekilde kesilen sınırlardan itibaren alt turun sıralaması ters çevrilir. Şöyle ki; ilk sıralama  $[abcdefgh]$  iken, 2-Opt uygulandıktan sonra bu sıralama  $[abfedcgh]$  olacaktır. İyileştirecek kenar kalmayınca kadar bütün kenarlar kontrol edilir.

2-Opt yerel arama metodu, yerel minimumların bulunabilmesini amaçlayan bir metottur. Genetik algoritma ile birlikte kullanıldığında, hem yerel minimumları hem de global minimumları arama imkanı olduğu için güçlü bir algoritma halini alır. Gezgin satıcı probleminde iki turun çaprazlaması çeşitli yollarla yapılabilir. Ancak her durumda turdaki rasgelelik gereğinden büyük yani olması gerekenden daha kötü bir uygunluk değerinin çıkmasına sebep olmaktadır. Bu durumun düzeltilmesi için turun iyileştirilmesi gerekmektedir. 2-Opt yerel arama metodu, üzerinde uygulandığı turun yerel minimuma ulaşmasını sağlayan bir metottur.

**Şekil 9:** 2-Opt Yerel Arama Metodunun Şematik Gösterimi



Kaynak: Sengoku ve Yoshihara, 1998'den uyarlanmıştır.

### 2.9.3. Gezgin Satıcı Problemi ve Genetik Algoritma

Evrimsel hesaplamaların en çok kullanılan formu genetik algoritmadır. Genetik algoritmanın birçok NP-tam optimizasyon problemi için çok başarılı bir metasezgisel teknik olduğu ispatlanmıştır (Uğur, 2008: 3276). Gezgin satıcı probleminin çözümünde 1985 yılından bu yana genetik algoritmalarından yararlanılmaktadır (Cevre ve diğerleri, 2007).

Genetik algoritmanın gezgin satıcı probleminde uygulanmasında dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Öncelikle popülasyonda yer alacak çözümlerin kodlanması gerekir. GSP bir sıralama problemi olduğu için kodlamada genellikle permütasyon kodlama tercih edilir. Buna göre her kromozom bir sıralamayı gösterir. Dizideki her bir rakam, ziyaret edilecek noktayı temsil eder. Farklı sıralamalardan oluşan çözüm dizisi popülasyonu oluşturur.

İkinci husus uygunluk fonksiyonudur. Uygunluk fonksiyonu her bir turun uygunluk değerini verir. Uygunluk değeri noktalar arasındaki mesafelerin hesaplanması ile toplam dolaşım mesafesinin bulunması şeklinde olabileceği gibi, dolaşımda meydana çıkabilecek maliyetler üzerinden de hesaplama yapılabilir. Her iki durumda da uygunluk değerinin daha düşük olması beklenir. Bu durumda daha iyi kromozom, daha düşük uygunluk değerine sahip olandır.

Seçilim yöntemi olarak gezgin satıcı problemine özgü bir yöntem bulunmamaktadır. Genetik algoritmada genel olarak kullanılan bir seçilim yöntemi tercih edilebilir. Tezin yazılımında çözümlerin uygunluk değerleri arasındaki farktan etkilenmemesi amacıyla sıralı seçilim yöntemi tercih edilmiştir.



## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

### **EVSEL İLAÇ ATIKLARININ TOPLANMASI PROJESİNDEKİ TERSİNE LOJİSTİK SÜRECİNİN MODELLENMESİ İÇİN GENETİK ALGORİTMALARIN KULLANILMASI ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

#### **3.1. İLAÇ SEKTÖRÜNÜN GENEL YAPISI**

Dünya Sağlık Örgütü'nün (World Health Organization – WHO) kuruluş yasasındaki tanıma göre sağlık; “Sadece sakatlık ve hastalık halinin olmayışı değil, bedensel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik halidir”. İnsanın her anını kapsayan bu geniş sağlık tanımında, sağlık kadar önemli olan bir diğer husus, sağlığın korunması ve hastalık hali oluştuğunda tedavi edilmesidir. Sağlık sektörünün ayrılmaz bir parçası olan ilaç ve ilaç sanayi, sağlığın korunması ve hastalık halinin tedavisinde aldığı rolden dolayı önemli hale gelmektedir (Güneş, 2010: 31).

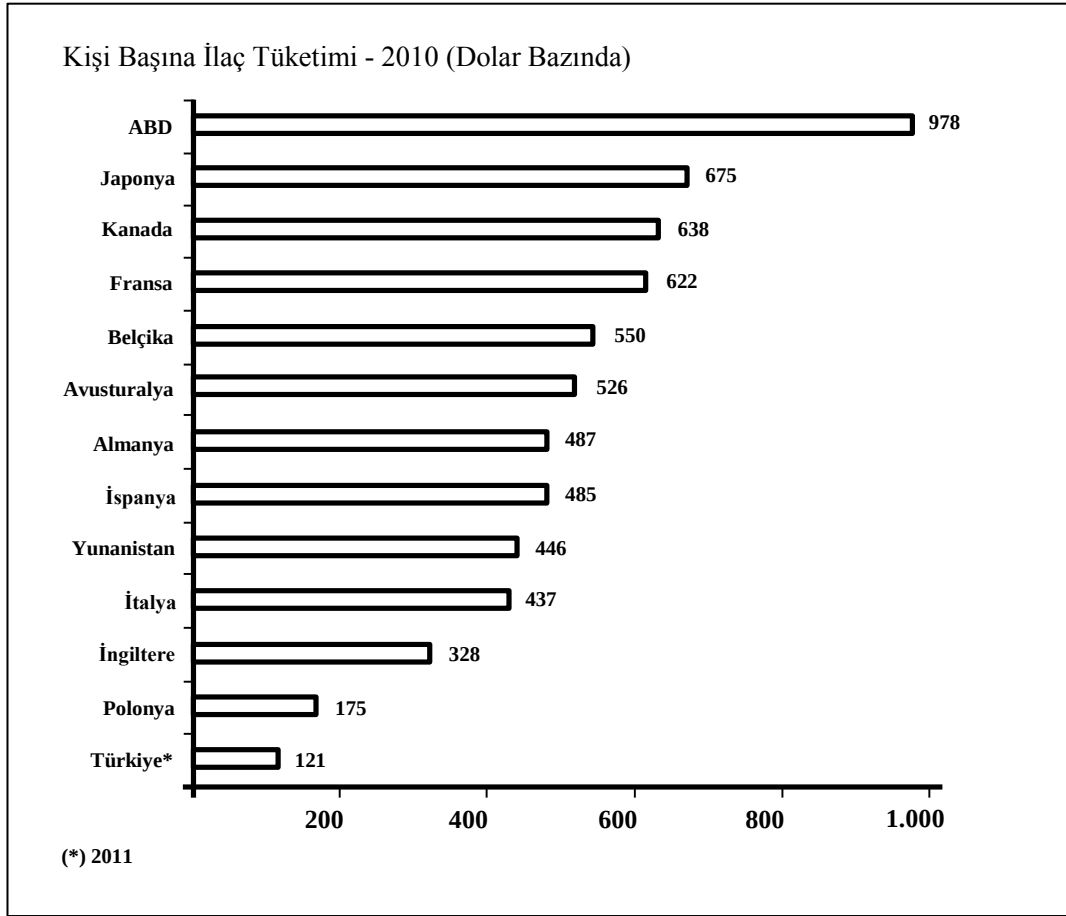
İlaç sektörü beşeri ve veteriner hekimlikte tedavi edici, koruyucu ve besleyici olarak kullanılan sentetik, bitkisel, hayvansal ve biyolojik kaynaklı kimyasal maddeleri farmasötik teknolojiye uygun olarak, bilimsel standartlara göre belirli dozlarda basit veya bileşik farmasötik şekiller haline getiren ve seri olarak üreterek tedaviye sunan bir sanayii dalıdır (TÜBİTAK, 2003: iii).

Günümüzde ilaç, sanayi sağlık sektörünün önemli bir unsuru olarak dikkat çekmektedir. İlaç sektörüne devletin müdahalesi hem sağlık hem de ekonomik politika ile ilgilidir. Sağlık sistemlerinde genellikle kamu tarafından finanse edilen kaynaklarla hükümetler ilaçları toplum adına satın almaktadırlar (Güneş, 2010: 31). Şekil 10'da 2010 yılı dolar bazında ülkelere göre kişi başına ilaç tüketimi sıralaması yer almaktadır. Buna göre en fazla tüketim ABD'de gerçekleşmektedir. Türkiye'de ise bu oran ABD'ye göre çok düşük olup 2011 yılı itibarıyla 121 dolardır.

Sektörün tüketicileri olan hastalar, üretici, doktor ya da eczacılara oranla ilaç hakkında çok az bilgiye sahiptirler. Tüketici haklarının korunması bir yana öncelikle sağlığının korunması için düzenleyici yapılara büyük rol düşmektedir. İlaç endüstrisinde, üretim, dağıtım, ithalat/ihracat, tanıtım, ruhsatlandırma gibi sayılabilecek birçok faaliyet düzenleyici yapılar tarafından sıkı bir denetim altında tutulmaktadır. Örneğin Türkiye'de ilaçların ruhsat ve satış izinlerinin verilmesi,

fiyatlandırılması, sınıflandırılması, incelenmesinde yetkili tek kurum Sağlık Bakanlığı İlaç ve Eczacılık Genel Müdürlüğüdür. ABD’de Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (U.S. Food and Drug Administration - FDA) ve Avrupa Birliğinde Avrupa İlaç Kurumu (European Medicines Agency - EMEA) benzer görev ve sorumluluklara sahiptir (Akçadağ, 2010: 76).

**Şekil 10:** Kişi Başına İlaç Tüketimi - 2010 (Dolar Bazında)



Kaynak: <http://www.ieis.org.tr>, 29.10.2012.

Sektörü farklı kılan özelliklerden biri de ilacın yüksek Ar-Ge giderleri nedeniyle, fikri mülkiyet hakları çerçevesinde ele alınabilecek “veri koruma” ve “patent koruma” kavramlarına büyük önem verilmesidir. Patent, bir buluşun değerini korumak için verilen yasal bir haktır ve buluş sahibini, yaptığı buluşu toplumla paylaşmaya teşvik eder. Patent koruması, diğer alanlarda olduğu gibi, yeni tedavileri ve tıp sektöründe Ar-Ge çalışmalarını koruyarak araştırmacıları isteklendirmektedir.

İlaç sektöründe patent hakkı, molekülün keşfedilmesinden itibaren 20 yıllık bir koruma sağlamaktadır. Ancak, ilaç şirketlerinin, patentli bir molekülü piyasaya sürülebilir bir ilaca dönüştürmelerinin yaklaşık 12-15 yıl sürdüğü dikkate alındığında, patent korumasından aktif olarak yararlanan süre 5-8 yıla düşmektedir (Akçadağ, 2010: 76).

İlaç endüstrisini değerlendirirken sadece ekonomik yönünü ile ele almamak gerekir. Örneğin AIDS, 20 yıldır bilinen bir düşman olmasına karşın halen ne olduğu görülmekte olan bir hastalıktır. Öyle ki, etkileri gelecek nesiller için hissedilecek olup, insanlık için benzersiz bir tehdittir. Günümüzde 34-46 milyon arası insan AIDS hastasıdır. Daha şimdiden 20 milyondan fazla insan AIDS'ten hayatını kaybetmiş, bunların sadece 3 milyonu bir yılda yaşamını yitirmiştir. Virüsün ilk görülmeye başladığı andan itibaren dört milyon çocuğa bulaşmıştır. 2003 yılında hastalığın bulaştığı 5 milyon kişiden 700.000'i çocuktur (World Health Organization, 2004: 1).

### **3.2. TÜRKİYE'DE İLAÇ SEKTÖRÜ**

Ülkemizde ilaç sanayi, dünyadaki ilaç sanayi ile birlikte gelişmiş ve ilaç üretimi, Cumhuriyet öncesi ve Cumhuriyetin ilk yıllarını kapsayan dönemde eczanelerde başlamış, 1915 yılına gelindiğinde ise 30'a yakın ürün üretilir duruma gelinmiştir. Bu dönemde ihtiyaç duyulan diğer ürünler yurt dışından ithal edilmiş ve ruhsatsız olarak piyasaya sunulmuştur. 1928 yılında çıkartılan 1262 sayılı İспенçiyari ve Tıbbi Müstahzarlar kanunuyla ilaç üretimi ve ithalatında yasal düzenlemeler getirilerek, devlet kontrolü sağlanmıştır. Eczanelerde başlayan ilaç üretimi, ilaç ihtiyacının artmasıyla laboratuvarlarda devam ettirilmiş, bu durum 1950'li yıllara kadar sürmüştür, bu yıllardan sonra ilaç üretiminde fabrikasyon dönemi başlamıştır. Bu dönemde Eczacıbaşı, Fako, Mustafa Nevzat, Abdi İbrahim, Santa Farma, İbrahim Ethem gibi yerli firmalar ve Bayer, Sandoz, Roche, Hoechst, Pfizer gibi yabancı sermayeli firmalar ülkemizde fabrikalarını kurmuşlardır. İlaç üretiminde fabrikasyon döneminin başlamasıyla, ilaçların hedef kitleye tanıtılması ihtiyacı doğmuş, rekabetin olmadığı bu dönemde Tıp ve Eczacı kökenli Tıbbi mümessillerce tanıtım faaliyetleri hedef kitleye götürülmüştür (Taşkın, 2004: 179).

İlaç pazarının büyümesiyle yerli ve yabancı firmaların yatırımları artmış ve özellikle Fikri Mülkiyet Patent ve Telif Hakları Anlaşması (Agreement on Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights - TRIPS), Avrupa Birliği ile Gümrük Birliği anlaşmalarıyla malların serbest dolaşımının teşviki yönündeki gelişmeler, ithalata getirilen sınırlamaların azaltılması, ithal ilaçların fiyatlarının güncel olarak belirlenmesinin kabulüyle ülkemizde çok uluslu ilaç firmalarının satış-pazarlama ekiplerinin kurulması ve mamul ilaç ithalatında önemli bir artış gündeme gelmiştir. Özellikle 1990'dan sonra daha önce yerli firmalar tarafından satış-pazarlaması gerçekleştirilen birçok ürün, çok uluslu firmaların ülkemizde organizasyonlarını kurmalarıyla birlikte asıl molekül sahibi ilaç firmalarınca satılmaya başlanmıştır. Bu dönemde 19 yabancı firma pazara girmiş, özellikle satış kadrosundaki istihdamın anlamlı şekilde artması gündeme gelmiştir. Abbott, AstraZeneca, Boehringer İngelheim, Bristol-Myers Squibb, Fournier, Jansen Cilac, MSD, Novo Nordisk, E.Lilly, Lundbeck, Serano, Schering Plough, gibi çok uluslu firmalar bu dönemde ülkemizde kendi satış ekiplerini kurmuşlar ve sanayinin geneline bakıldığında ise, son 19 yılda istihdam %95 oranında artmıştır ([http://www.tibbimumessil-.com/\(S\(02doctu3023mkjuxlw5v55\)\)/SWArticle.aspx?IcerikId=41](http://www.tibbimumessil-.com/(S(02doctu3023mkjuxlw5v55))/SWArticle.aspx?IcerikId=41), 29.10.2012).

### 3.2.1. Üretim

Türkiye, üretim standartları, teknolojisi ve kurulu kapasitesi açısından çok gelişmiş bir ilaç endüstrisine sahiptir. Ülkemizdeki üretim tesisleri bir yandan sürekli Sağlık Bakanlığı'nın denetiminden geçerken, diğer yandan uluslararası otoritelerden akredite olmaktadır. İyi Üretim Uygulamaları (Good Manufacturing Practices - GMP), ilaçların kalite standartları doğrultusunda üretimini ve kontrolünü sağlayan bir kurallar bütünüdür. Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen İyi Üretim Uygulamaları, üretimin bütün süreçlerini kapsar. Birçok ülke Dünya Sağlık Örgütü Kılavuzu'nu temel alarak kendi GMP kurallarını oluşturmuştur. Türkiye bu kuralları, 1984 yılında yayımlanan "İspençiyari ve Tıbbi Müstahzar İmalathaneleri Yönetmeliği" ile Sağlık Bakanlığı denetiminde uygulamaya koymuştur ([http://www.ieis.org.tr/asp\\_sayfalar/index.asp?sayfa=215&menuk=12](http://www.ieis.org.tr/asp_sayfalar/index.asp?sayfa=215&menuk=12), 29.10.2012).

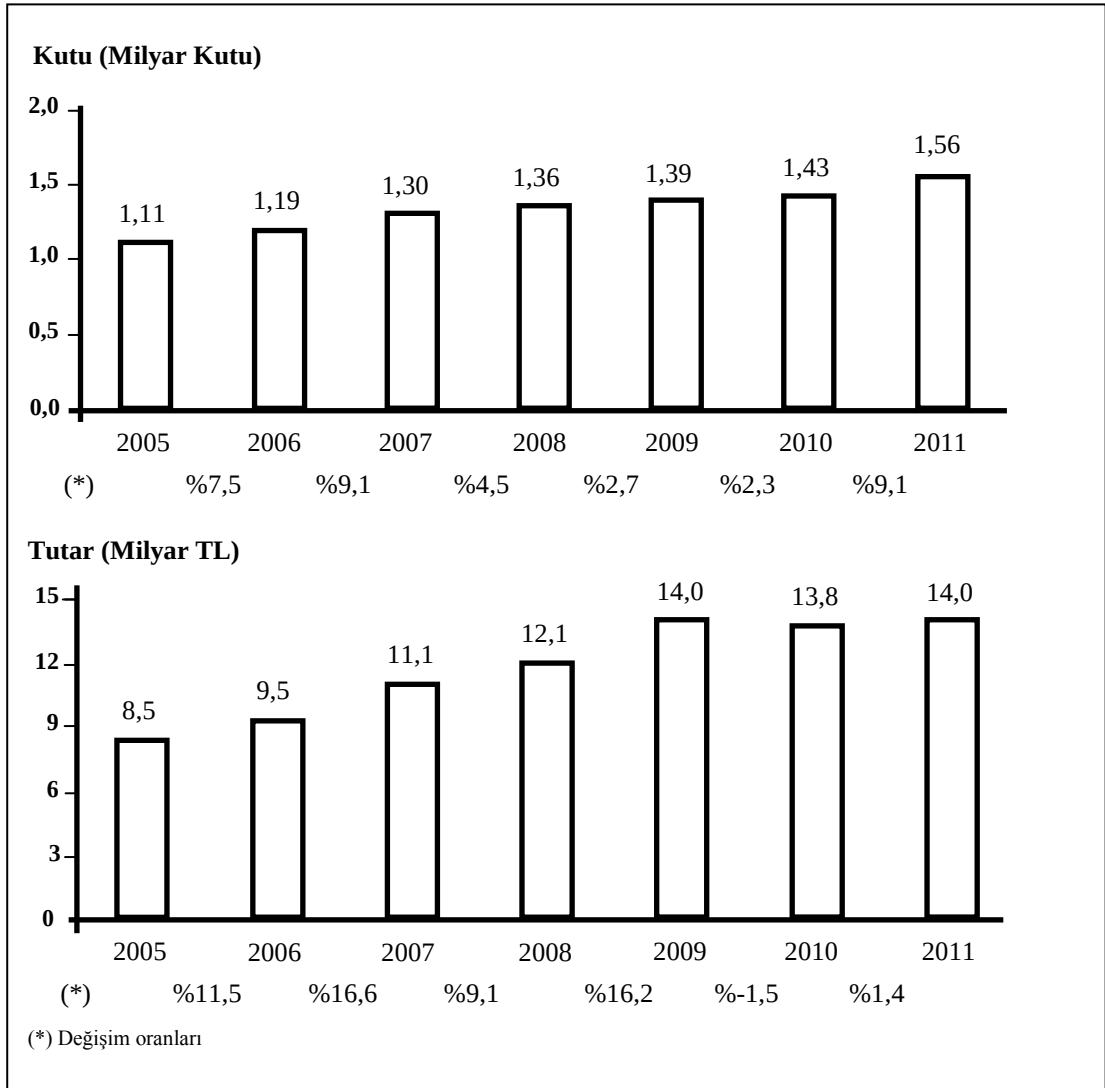
Türkiye, dünyada ilaç üretiminde kendine yeterli az sayıda ülke arasında yer almaktadır. Sadece, biyoteknoloji ürünleri gibi belirli üretim merkezlerinde yapılabilen ürünler ile tüketimi az olması nedeniyle yurt içi üretimi ekonomik olmayan kan ürünleri ve kanser ilaçları gibi ürünler ülkemizde üretilmemektedir. Sektördeki firmaların tamamına yakını İstanbul ve çevresinde faaliyet göstermektedir. Alt yapının daha uygun oluşu, ambalaj malzemeleri ve teknik personelin teminindeki kolaylıklar, ulaşım ve iletişim imkânları, sağlık kuruluşlarının Marmara Bölgesi'nde yoğunlaşması gibi faktörler sanayinin büyük bir bölümünün İstanbul, Kocaeli, Tekirdağ illerinde kurulmasına yol açmıştır. Ülkemizde, 13'ü yabancı sermayeli olmak üzere toplam 49 adet üretim tesisi mevcuttur ([http://www.ieis.org.tr/asp\\_sayfalar/index.asp?sayfa=215&menuk=12](http://www.ieis.org.tr/asp_sayfalar/index.asp?sayfa=215&menuk=12), 29.10.2012).

### **3.2.2. İlaç Pazarı**

2011 yılında, Türkiye reçeteli ilaç pazarı tutar ölçeğinde %1,4 oranında büyüyerek 14 milyar TL'ye (8,3 milyar dolar), kutu ölçeğinde %9,1 oranında büyüyerek 1,56 milyar kutuya ulaşmıştır (Şekil 11). 2011 yılı kişi başı ilaç tüketimi ise 121 dolardır ([http://www.ieis.org.tr/asp\\_sayfalar/index.asp?sayfa=220&menuk=12](http://www.ieis.org.tr/asp_sayfalar/index.asp?sayfa=220&menuk=12), 29.10.2012).

Ülkelerin ilaç tüketimini etkileyen faktörler arasında bilim ve teknolojiye ve buna bağlı olarak da tıbbi tedavi yöntemlerindeki gelişmeler, nüfus artışı ve yaş dağılımı, ortalama yaşam süresi, sosyoekonomik durum, gelir düzeyleri, sağlık hizmetlerinin düzeyi ve gelişimi ve bu hizmetlerden yararlanan kişi sayısı, dağıtım sisteminin özellikleri, başta gelmektedir (Atay, 2001: 1047).

**Şekil 11: Reçeteli İlaç Pazarı**

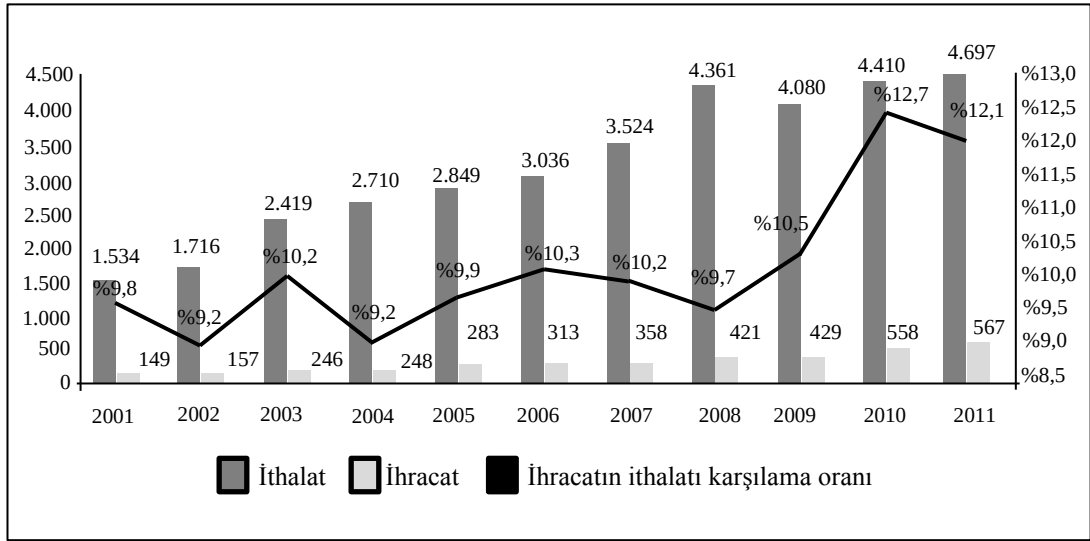


Kaynak: <http://www.ieis.org.tr>, 29.10.2012.

### 3.2.3. Dış Ticaret

2011 yılında ithalat %6,5 oranında artarak 4,7 milyar dolar, ihracat ise %1,6 oranında büyüyerek 567 milyon dolar olmuştur. 2010'da %12,7 olan ihracatın ithalatı karşılama oranı 2011'de %12,1'e inmiştir ([http://www.ieis.org.tr/-asp\\_sayfalar/index.asp?sayfa=225&menuk=12](http://www.ieis.org.tr/-asp_sayfalar/index.asp?sayfa=225&menuk=12), 29.10.2012). Şekil 12'de 2001-2011 arası ithalat, ihracat ve ihracatın ithalatı karşılama oranları yer almaktadır.

**Şekil 12:** 2001-2011 Arası Dış Ticaret Rakamları



Kaynak: <http://www.ieis.org.tr>, 29.10.2012.

Ülkemizde pek çok tedavi grubundan ilaç ithalatı olmakla beraber ağırlıklı olarak, çok yeni ve yüksek teknoloji gerektiren preparatlar, bazı aşılar, kan faktörleri, bazı kontrollü salım sistemine sahip olan ilaçlar, insülin ve kanser ilaçları ithal edilmektedir. İlaç endüstrisi çok gelişmiş olanlar dâhil tüm ülkelerde, ilaç ve ilaç hammaddesi ithalatı yapılmaktadır. İlaç sektörü için önemli olan ithalat miktarı değil, ihracatın sektör kapasitesinin gerisinde kalması ve dış ticaret dengesinin ithalat lehine olmasıdır. Eşdeğer ilaç üretim ve kullanımının desteklenmesiyle, Türkiye'nin rekabet gücünün artırılması ve bu yöndeki ihracat potansiyelinin geliştirmesi mümkün olacaktır (Güneş, 2010: 39).

### 3.2.4. AR-GE

Türkiye, bilimsel, teknolojik altyapısı ve insan kaynakları bakımından uluslararası standartlarda, yüz yıllık geçmişi olan, güçlü ve yüksek üretim kapasiteli bir eşdeğer ilaç endüstrisine sahiptir. Ülkemizde lisanslı veya fason olarak referans ilaç üretimi ya da ithalatı yapılmakla birlikte, endüstrimizin temel faaliyet alanını eşdeğer ilaçlar oluşturmaktadır ([http://www.ieis.org.tr/asp\\_sayfalar/index.asp?-sayfa=230&menuk=12](http://www.ieis.org.tr/asp_sayfalar/index.asp?-sayfa=230&menuk=12), 29.10.2012).

Türkiye’deki ilaç araştırmaları, yeni bir molekül bulmak, yeni bir ilaç geliştirmek yönünde değil, bulunmuş moleküllerin 2-3’lü birleşimlerini, farklı dozaj formlarını ya da eşdeğer ürün geliştirmek yoluyla yapılmaktadır. Ülkemizde ilaç alanında alınan patentlerin sayısı özellikle süreç patenti alanında gün geçtikçe artmaktadır ([http://www.ieis.org.tr/asp\\_sayfalar/index.asp?sayfa=230&menuk=12](http://www.ieis.org.tr/asp_sayfalar/index.asp?sayfa=230&menuk=12), 29.10.2012).

Ülkemizin, sosyoekonomik koşulları değerlendirildiğinde, ilaç alanında yenilikçi ülkeler arasında yer alması mümkün görülmemekle birlikte, üretim standartları, teknolojisi ve kurulu kapasitesi açısından çok gelişmiş bir eşdeğer ilaç endüstrisine sahip olması büyük önem taşımaktadır. Bu çerçevede, eşdeğer ilaç üretim ve kullanımının desteklenmesiyle, Türkiye’nin, önde gelen bir eşdeğer ilaç üreticisi ülke konumuna gelerek, bu yöndeki ihracat potansiyelini geliştirmesi daha doğru bir yaklaşım olarak görünmektedir. Ar-Ge faaliyetlerinin artırılması, devletin desteği, ilaç araştırmasında üniversite - endüstri işbirliğinin sağlanması ve kamu ile özel sektörün Ar-Ge’ye ayırdığı kaynakların artırılması ile sağlanabilecektir. Yoğun uluslararası rekabete hazırlanmak için kamunun ve sektörün ilaçta Ar-Ge faaliyetleri üzerinde yoğunlaşması gerekir. Bu konuda kamuya ve özel sektöre bazı görevler düşmektedir (Güneş, 2010: 42):

- Ar-Ge’yi teşvik eden bir sistemin kurulması,
- Ar-Ge’ye ayrılan fonların artırılması,
- Ar-Ge harcamalarının yapıldığı yılda doğrudan gider yazılması ve yıllık beyanname üzerinde Ar-Ge indiriminden yararlanılması,
- Üniversite – endüstri işbirliği sağlanarak, Ar-Ge çalışmalarının kapsamının geliştirilmesi,
- İnsan kaynakları altyapısının oluşturulmasıdır.

Ülkemizde Ar-Ge faaliyetleri için yapılan harcamaların GSMH’ye oranı son derece düşük düzeydedir. Önümüzdeki dönemde, ilaç endüstrisinin gelişiminin temel noktalarından olan uluslararası pazarlarda rekabet gücü olan mal ve hizmet üretimi ancak Ar-Ge faaliyetlerinin artırılmasıyla mümkün olacaktır. Bu kapsamda, Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi ihtiyacı mutlak bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır ([http://www.ieis.org.tr/asp\\_sayfalar/index.asp?sayfa=230&menuk=12](http://www.ieis.org.tr/asp_sayfalar/index.asp?sayfa=230&menuk=12), 29.10.2012).



### 3.2.5. İstihdam

Çeşitli verilere göre 1980-1990 arasında gerçekleşen %22 istihdam artışına ilaveten 1995-1998 arasında istihdamda %25’lik bir artış izlenmektedir. 1995-2000 arasında ise istihdamda %35 oranında bir artış gözlenmektedir. 1980-1998 arasında %95’lik toplam artış gerçekleşmiştir. Türkiye ilaç sanayinin son 19 yılda istihdamda %95, yüksek eğitim görmüş personel oranında ise 2,5 kat artış sağlaması önemli bir gelişme olarak değerlendirilmiştir (Bektaşoğlu, 2007: 8).

Sektörde çalışan personel sayısı 1995 yılında 12.624 iken, %65 artarak 2001 yılında 20.840 kişiye ulaşmıştır. İlaç endüstrisinde çalışanların %48’i yükseköğrenim görmüştür. Türkiye’nin Avrupa ilaç endüstrileri toplam çalışanları içindeki payı %4’dür. Buna rağmen diğer sektörlerle mukayese edildiğinde, istihdamın düşük olmasının en önemli nedeninin sektörde GMP kuralları gereği teknoloji düzeyinin yükselmesiyle meydana gelen otomasyon sonucu iş gücü talebi düşük kalmıştır (Fidaner, 2001: 1187).

**Tablo 10:** Türkiye Farmasötik Sektör İstihdamı

| Meslekler                             | Çalışan Sayısı<br>(2005 itibariyle) |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| İdari Personel                        | 3969                                |
| İşçiler                               | 3366                                |
| Vasıflı İşçiler                       | 2338                                |
| Diğer Mühendislikler                  | 1600                                |
| Ekonomistler                          | 1255                                |
| Biyologlar                            | 1113                                |
| Kimya Mühendisleri                    | 910                                 |
| Kimyagerler                           | 853                                 |
| Teknisyenler                          | 615                                 |
| Eczacılar                             | 514                                 |
| Doktorlar                             | 374                                 |
| Laboratuvar Asistanları               | 212                                 |
| Üniversite Diplomalı Diğer Çalışanlar | 4965                                |
| Toplam                                | 21814                               |

Kaynak: Seyhan, 2006: 77.

Türkiye’de farmasötik sektör istihdamına ilişkin 2005 verileri de Tablo 10’da görülebilir. Tabloya göre toplam istihdam edilen bireylerin yarısına yakını idari personel, işçiler ve vasıflı işçilerden oluşmaktadır.

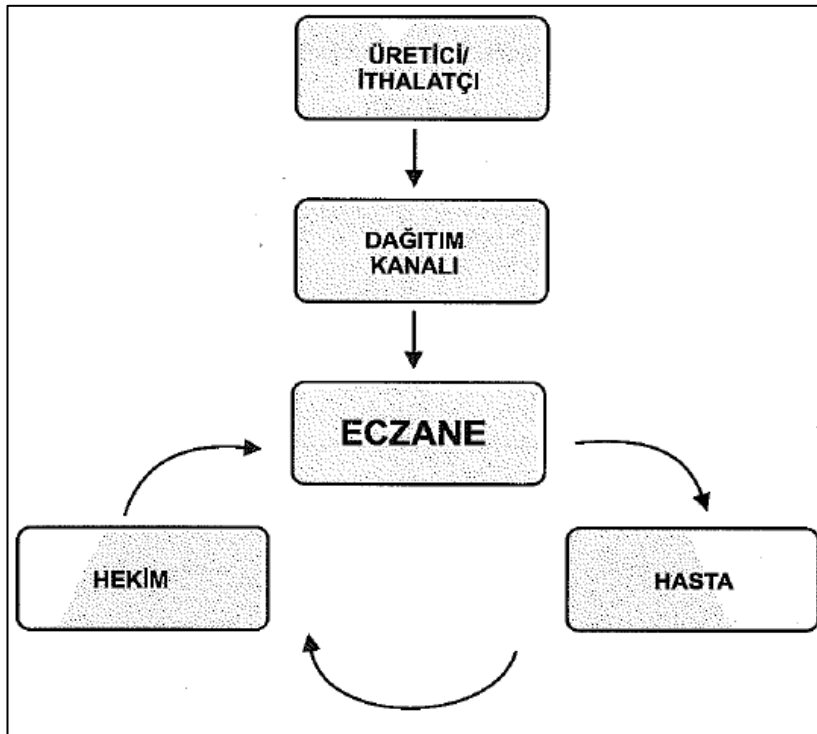
### 3.3. İLAÇ KULLANIM DAVRANIŞLARI

İlaç Endüstrisi İşverenler Sendikası (İEİS), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından açıklanan ve Türkiye’nin tamamını temsil eden 26 ilde yaş, cinsiyet, eğitim durumu, yerleşim yeri (kır-kent) ve sosyoekonomik statüye göre 2.403 kişi üzerinde yüz yüze anket yöntemi ile “İlaç Kullanımında Demografik Özellikler” araştırması yaptırmıştır. Araştırmanın ilaç kullanımı ve bilinci, kronik hastalıklar, kalıtsal hastalıklar, tedavi yöntemleri başlıklarında ortaya çıkan temel sonuçlardan bazıları şöyledir ([http:// www.ieis.org.tr/asp\\_sayfalar/index.asp?sayfa=510&menuk=16&basin=117](http://www.ieis.org.tr/asp_sayfalar/index.asp?sayfa=510&menuk=16&basin=117), 31.10.2012):

- Araştırmaya katılanların büyük kısmı (%66) kullandıkları ilaçları, doktor ya da eczacı ne zaman belirtirse, o zaman bıraktıklarını belirtmektedir.
- Şikâyetin geçtiğine inandığında ilaç kullanımını bıraktığını belirten kişilerin oranı %27,3’tür.
- Ülkemizde 10 kişiden yaklaşık 4’ü (%37,4) doktor tarafından önerilmediği sürece ilaç kullanmadığını belirtmiştir.
- Yarıya yakın bir kesim de (%45,7) memnun kaldığı ilaçları yakınlarına tavsiye ettiğini belirtmiştir.
- Ülkemizde her 10 kişiden yaklaşık 8’i evde bulunan ilaçların son kullanma tarihinin geçip geçmediğini genelde ya da her zaman kontrol ettiğini belirtmişlerdir (%84,7). Bu eğilim, kadınlar arasında daha yaygındır.
- Araştırmaya katılanların büyük bölümü evlerinde bulunan ilaçları buzdolabında sakladıklarını belirtmektedir. İlacı saklama koşullarının yazdığı prospektüslerin, araştırma sonuçlarına göre okunma oranı çok yüksek olmasına rağmen ilaçlar buzdolabında saklanmaktadır.
  - o Buzdolabında saklayan: %64,5
  - o Dolap/çekmecedeki saklayan: %27,8
  - o Ecza dolabında saklayan: %26,8

- Ailede uzun süreli ilaç kullanımını gerektiren kronik rahatsızlıklara sahip bireyler olduğunu belirtenlerin oranı %47.
- Kendileriyle ilgili bir sağlık sorunu sebebiyle yılda en az bir kez bir sağlık kurumuna ya da doktora gittiklerini belirten kişilerin oranı %76,5'dir.
- Sağlık sorunu yaşamadan sağlık taraması yaptırdıklarını belirtenlerin oranı ise %19,9'dur.

**Şekil 13:** "Üretici/İthalatçı - Dağıtım Kanalı - Eczane" Zinciri ve "Eczane - Hekim - Hasta" Halkası



Kaynak: Özçelikay ve Tekiner, 2007: 50.

### 3.4. İLAÇ DAĞITIM KANALLARI

Tüm ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de ilacın üretiminden tüketimine kadar olan her aşama kanunlarla düzenlenmiştir. 1262 sayılı İspençiyari ve Tıbbi Müstahzarlar Kanununun 1. maddesine göre reçeteli veya reçetesiz ilaçların tamamının satışı eczaneler ve ecza ticarethanelerinden yapılmak zorundadır. Kanun Sağlık Bakanlığının denetimi ile yürütülmektedir. Türkiye’de dağıtımın yapısı Üretici-Ecza Deposu-Eczane şeklindedir. Her aşamadaki kuruluş ilacın etki, kalite ve

güvenliğini sağlamak ve korumakla mükelleftir (K. Özkan, 2008: 32-33). İlaç dağıtım kanallarında yer alan ögelere ait akış diyagramı Şekil 13'te yer almaktadır. Şekilde görüldüğü gibi, hastalara ilaçların ulaştırılması dağıtım kanalı ve eczaneler vasıtasıyla yapılmaktadır. Dağıtım kanalının merkezinde ise ecza depoları bulunmaktadır.

### **3.4.1. Ecza Depoları**

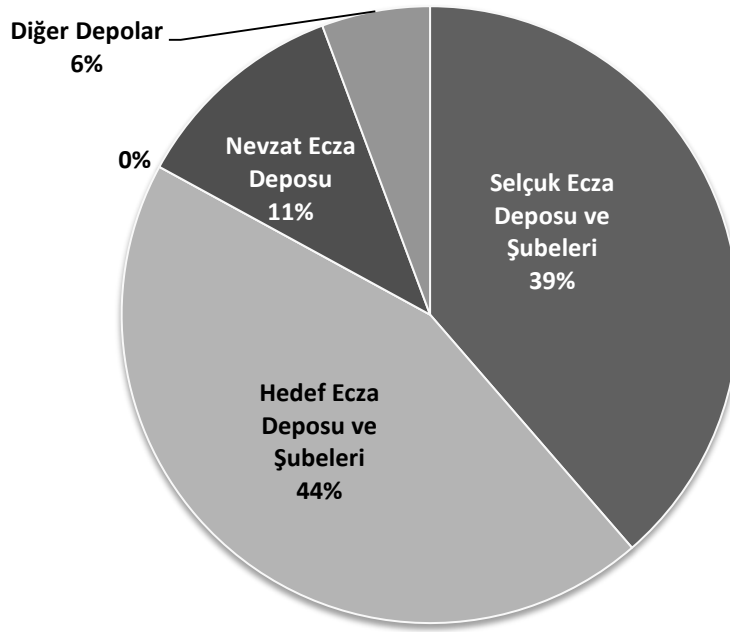
Ecza deposu, bir eczacının mesul müdürlüğünde faaliyet gösteren ve ilacı üreticiden eczaneye ulaştırmakla görevli olan işletmelerdir. Ecza depolarının çalışma sistemleri yönetmelik ve kanunlarla belirlenmiştir (Güneş, 2010: 34). Sağlık Bakanlığı'nın 22 Ekim 1999 tarihli ve 24196 sayılı "İlaçlar ve ecza deposunda bulundurulan ürünler ile ilgili iyi dağıtım ve muhafaza uygulamaları" genelgesine göre, ecza deposunda bulundurulan ürünlerin kalitesinin raf ömrü boyunca korunmasını garanti edecek kalite güvencesi sistemi bulunması şarttır. Ecza deposunda işletilen kalite güvencesi sistemi, dağıtılan ürünlerin:

- Mevzuata uygun şekilde ruhsatlı veya izinli olduğunu,
- Saklama şartlarının sürekli olarak, nakliye safhası dâhil, kontrol edildiğini,
- Diğer ürünler ile bulaşmaya veya çapraz bulaşmaya maruz kalmayacağını,
- Stok ürünlerin dönüşünün yeterli düzeyliliğini,
- Sağlam ve emin alanlarda saklanmasını,
- Doğru ürünlerin doğru adreslere teslim edilebilir bir zaman dilimi içinde dağıtımını,
- Etkili bir geri çekme plânı bulunmasını ve hatalı ürünlerin kolayca tespiti için izlemeyi sağlayan bir sistem bulunmasını garanti eder.

Bu maddeler aynı zamanda ecza depolarının görev ve sorumluluklarını da belirlemektedir. Ecza depolarında uygulanan kalite güvence sistemi, İyi Dağıtım ve Muhafaza Uygulamaları Kılavuzunda belirlenen çeşitli ilkelerden biridir. Kalite güvencesi dışında; prosedürler, personel, bina ve tesisler, ekipman, kabul, depolama, sevkiyat, iadeler, acil durum ve geri çekme, sahte ürünler, satış dışı ürünler, kayıtlar ve kendi kendini denetleme ilkeleri de bu kılavuz bünyesinde bulunmaktadır (K. Özkan, 2008: 33).

2005 yılı itibarıyla ülke genelinde şubeleriyle birlikte toplam 491 ecza deposu bulunmaktadır. Ecza depolarının bir bölümünün eczanelere dağıtımdan çok kamu ihaleleri ve diğer toptan ilaç alımlarında faaliyet göstermektedir. Dağıtım kanallarında son 5 yılda yoğunlaşma artmış ve çok şubeli 2 ecza deposu tüm pazarın %73'ünün dağıtımını gerçekleştirmektedir. Dağıtım pazarında depoların yaklaşık payları Şekil 14'te yer almaktadır (Devlet Planlama Teşkilatı, 2007: 21).

**Şekil 14:** Dağıtım Pazarında Depoların Yaklaşık Payları



Kaynak: Devlet Planlama Teşkilatı, 2007: 21.

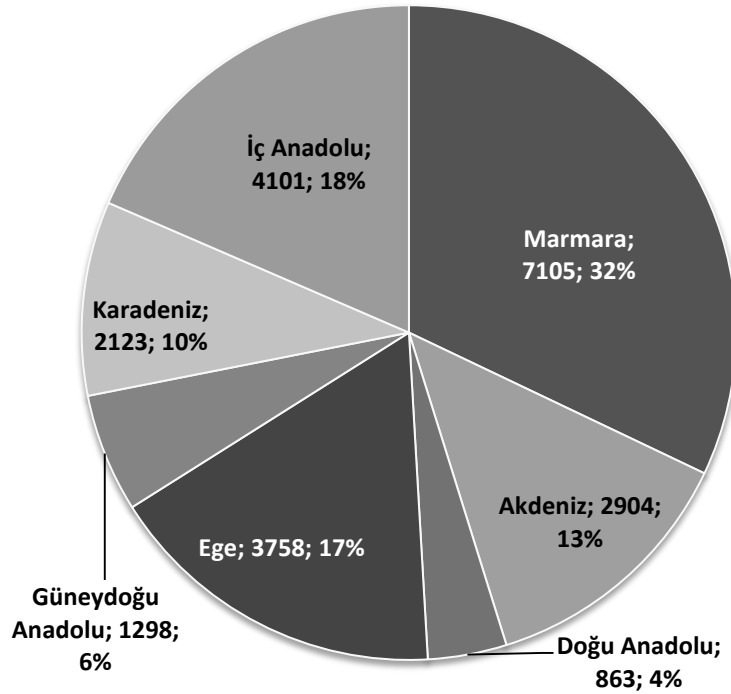
### 3.4.2. Eczaneler

Eczanelerle ilgili yürütme 6197 sayılı Eczacılar ve Eczaneler Hakkında kanun kapsamında yapılmaktadır. Kanunda; eczacı ve eczane açılacak yer ile ilgili özellikler, eczanelerde satılacak ürünler hakkındaki düzenlemeler, eczanelerin nöbet durumları, denetim, ruhsatlandırma, eczacılık mesleği yapmaya mani durumlar, ecza ve kimyevi maddeler ve bu maddelerin saklanması ile ilgili koşullar, gerekli durumlarda uygulanacak cezalar gibi hükümler bulunmaktadır (K. Özkan, 2008: 34).

İlaç sanayiinin ürünlerini, hastalara ulaştırma kanalları ve koşulları, yasa ve yönetmeliklerde belirlenmiştir. Bu çerçevede, ilaç, doğrudan üreticiden kullanıcıya

satılamaz. Üreticiler, ürünlerini, ecza depoları ve eczaneler aracılığıyla ya da yatarak tedavilerde, hastaneler aracılığıyla kullanıcıya ulaştırırlar. 2005 yılı Mart ayı itibarıyla, ülkemizde yaklaşık 20 bini aşkın eczane faaliyet göstermektedir. Coğrafi bölgelere göre dağılım incelendiğinde, eczanelerin %50'sinin Marmara ve Ege bölgelerinde yer aldığı görülmektedir (Devlet Planlama Teşkilatı, 2007: 20). Şekil 15'de eczanelerin bölgelere göre dağılım grafiği yer almaktadır. Türkiye'deki eczanelerin bazı yıllardaki sayıları ise Tablo 11'de görülebilir.

**Şekil 15:** Eczane Sayısına Göre Bölgeler Arası Dağılım



Kaynak: Özçelikay ve Tekiner, 2007: 46.

**Tablo 11:** Yıllara Göre Eczane Sayıları

| Yıl  | Eczane Sayısı |
|------|---------------|
| 1949 | 556           |
| 1961 | 1.282         |
| 1968 | 1.767         |
| 2006 | 22.152        |

Kaynak: Özçelikay ve Tekiner, 2007: 50.

### 3.5. EVSEL İLAÇ ATIKLARI

Evsel ilaç atıkları, hane halkı tarafından alınan ilaçların kullanılmayan, süresi geçmiş veya artık ihtiyaç duyulmayan bölümüdür. Bu gibi nedenlerle elden çıkarılması gereken ilaçlar uygun yöntemlerle yok edilmeli ve doğaya karışması engellenmelidir. Evsel ilaç atıklarının çöpe atılması, kanalizasyona karışması veya diğer uygunsuz yollarla bertaraf edilmesi, istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Bir hane için az miktar gibi görülen bu ilaçların tüm dünya nüfusuyla oranlanması sonucu atık miktarının çok büyük boyutlara ulaşabileceği söylenebilir. Uygunsuz yollarla bertaraf edilen ilaçlar su kaynaklarına ulaşmakta, deniz canlılarını uzun süre etkilemekte ve dolayısıyla insan sağlığı için olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ayrıca içme suyuna karışan ilaç atıklarının insan sağlığını ne derece etkilediği yapılan araştırmalar arasındadır.

#### 3.5.1. Evsel İlaç Atıklarının Önemi

Düşük düzeyde bile olsa bu tür bileşikler, su canlıları üzerinde teşhis edilemeyen, dikkat çekmeyen ve yavaş biriken etkilere neden olmakta ve bunun da ötesinde yeni su canlılarının ortaya çıkmasına yol açabilmektedir. Ayrıca sudaki kimyasallar, çoğunluğu beş yaşın altında olmak üzere, her yıl iki milyon insanın ölümüne neden olmaktadır (Güneş, 2010: 50-51). Hane halkı tarafından istenmeyen ilaçların bertarafı yerel ve ulusal sağlık ve çevre otoriteleri için giderek artan bir sorun haline gelmiştir (Abahussain ve diğerleri, 2006: 352).

Evsel kimyasallar ve özellikle de ilaçlar, çöp kutusu, kanalizasyon ve noktasal olmayan kaynaklar üzerinden kolayca çevreye ulaşabilmektedir. Her durumda bu kimyasallar kısmen iyileştirilmiş olarak veya doğrudan akarsulara karışmaktadır. Düşük konsantrasyonlar ve günümüzün analitik yöntemleri nedeniyle günümüzde bu atıkları ve bunun sonucu ortaya çıkan toksik etkilerini denetlemek zordur. Devlet kurumları ortaya çıkan kirleticilerin bu çok düşük maruziyetini izlememektedir (Karbeyaz, 2010: 21). Ayrıca ilaçların atılması konusunda kamu tarafından alınacak uygun bir yaklaşım üzerinde fikir birliği bulunmamaktadır

(Abahussain ve Ball, 2007: 369). İlaç atıklarının uygun olmayan yollarla bertaraf edilmesi, şu gibi problemlere neden olabilmektedir (Singh ve diğerleri, 2012):

- Akarsularda antibiyotiklerin oluşumu, yüzey sularında antibiyotiklere dirençli bakterilerin varlığı ile ilişkilendirilebilir.
- İlaçlar, insanlar ve su yaşamı üzerinde pek çok ince etkiye sebep olabilirler. Normal endokrin sistemi fonksiyon bozukluğu buna bir örnektir.
- Antibiyotikler aynı zamanda su bitkilerinin büyümesini azaltabilmektedir.
- Belediye atık su arıtma tesislerinden kaynaklanan ve çoğunlukla yüzey sularında ortaya çıkan ilaç karışımları, organizmalar üzerinde birikimli etkilere sahip olabilmektedir.

Tıbbi atık sınıfına giren ilaçların bertaraf şekilleri çok farklılık arz etmektedir. Bu konuda nerdeyse genel bir bilinç eksikliği mevcuttur. Hatta 2007 yılında çıkan bir habere göre ülkemizde yer alan en büyük ilaç firmalarından bir firmanın ilaç atıklarını firma bahçesine varillerle gömmüş olmasının ortaya çıkması bu konudaki bilinç yoksunluğunun boyutlarını gözler önüne sermektedir. Bu gibi çevre katliamlarına bir önlem alabilmek amacıyla 13 Mayıs 2006 tarihinde 2872 sayılı Çevre Kanunu'nda "Tehlikeli Kimyasallara İlişkin Cezalar"ı içeren bir bölüm de yer almıştır (Güneş, 2010: 49). Atık ilaçların verimli toplanabilmesi için gerekli olan ilk şey halkın bilinçlendirilmesi ve gerekli önlemlerin geç kalınmadan alınmasıdır. Halkın katılımı olmaksızın böyle bir projenin başarıya ulaşması beklenemez.

### **3.5.2. Evsel İlaç Atıklarının Toplanması**

Çevresel sorumluluk çerçevesinde ilaç ve kişisel bakım ürünlerinin imhası ve geri dönüşümüne ilişkin resmi ancak gönüllü Ürün Yönetimi Programı (Extended Product Responsibility) bulunmaktadır. Bu programlar sayesinde ilişkili endüstriler bu atıkların en uygun şekilde imha edilmesi için halka, bölgesel, ulusal tıbbi merkezlere (hastaneler, bakım evlerine) hekimlere rehberlik etmektedir. Bazı ülkelerde ilaçların imha edilmesi konusunda eczane ve sağlık hizmetleri veren kurumların uyguladığı geri alım programları mevcuttur. Tüketiciler bu hizmeti veren en yakın eczaneye ya da sağlık kurumuna başvurarak son kullanma tarihi geçmiş ya da kullanılmayan ilaçların kontrollü bir şekilde imha edilmesini



sağlayabilmektedirler. Buna benzer uygulamalar Kanada’da 1990’ların ortasından bu yana, Avusturalya’da ise 1998’den beri yürütülmektedir. Avusturalya Ulusal Sağlık ve Tıbbi Araştırmalar Kurumu 1999 yılından itibaren, farmasötik ve kişisel bakım ürünlerinin oluşturmuş olduğu atıkların mümkün olan yerlerde yakılmasını, bu tür atıkların düzenli toplama alanlarına gömülmemesini, kanalizasyon sistemlerine karıştırılmamasını önermektedir (Arslan, 2007: 57-58). Tüm ilgili sektörler tarafından uygulanan bir resmî fakat gönüllü ürün yönetim programları, istenmeyen, zamanı dolmuş ilaç ve kişisel bakım ürünlerinin halk, devlet, bölgesel veya tıbbi topluluklar tarafından uygulanması önleyici bir yol olmaktadır (Daughton, 2003: 775).

Evsel ilaç atıklarının doğaya ve insanlara verdiği zararın anlaşılması ve çevresel sorumluluk anlayışının gelişmesiyle birlikte bu alandaki girişimlerin sayısı da gün geçtikçe artış göstermektedir. Evsel ilaç atıklarının toplanması, tersine lojistik ağının uygulanmasında çeşitli kararların alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu kararlardan bazıları şunlardır:

1. Tersine lojistikte ilaçların toplanması faaliyetinde hangi aktörler bulunmalı? Bu sorunun cevabı, lojistik faaliyetinin son noktası olan ilaç kullanıcılarını, eczaneleri ve dağıtıcıları kapsamaktadır.
2. Ayırıştırma işlemi nerede yapılmalı? Ayırıştırma işlemi birkaç noktada yapılabilir. Ancak yasal zorunluluklar, imkânlar ve maliyet sınırlamaları bu kararın verilmesinde önemli rol oynamaktadır. Ayırıştırma işleminin etkinliği, daha az atık çıkmasını ve geri kazanımın daha etkin olmasını sağlayacaktır.
3. Atık ilaçlar nasıl taşınmalı? Taşımanın belli bir maliyeti olduğu kadar, yasal sınırlamaları da bulunabilir. Bu nedenle ilaç dağıtıcılarının toplama işlemlerinde aktif rol oynaması daha uygun olmaktadır.
4. Bunların dışında tersine lojistik faaliyetlerinde yer alan aktörler arasındaki bilgi bütünleşmesi, yönetimin merkezileştirilmesi ve halkın bilinçlendirilmesi gibi konular da büyük önem taşımaktadır.

### 3.5.3. Mevcut Uygulamalar

#### 3.5.3.1. Türkiye’deki Uygulama

Türkiye’de evsel ilaç atıklarının toplanması konusunda yapılan çalışmaların başlangıcı çok yakın zamana dayanmaktadır. Ülkemizdeki uygulama İzmir’de Eczacı Şule İlkurşunlu önderliğinde ve birçok kişi ve kuruluşun desteğiyle yürütülen “Evsel İlaç Atıklarının Biriktirilmesi ve İmhası Projesi”dir.

T.C. Sağlık Bakanlığı İlaç ve Eczacılık Genel Müdürlüğü, Ege Üniversitesi Eczacılık Fakültesi ve Ege Çağdaş Eğitim Vakfı (EÇEV) proje ortağı, EDAK Ecza Kooperatifi proje iştirakçisi, Buca Belediyesi ise sponsor olarak projede yer almıştır. Projenin bir ayağını; toplum sağlığını, çevre sağlığını ve bunun bir getirisi olarak evlerdeki atık ilaçların neden olduğu tehlikelere dikkat çekilerek, bu atıkların güvenli bertarafına ilişkin çözüm yollarının sağlanması oluşturmuştur. Bu kapsamda; eczane vitrinlerine asılan afiş ve broşürler ile ulusal basında çıkan haberler, sağlık danışmanlığı kimliklerini halkı/hastalarını akılcı ilaç kullanımı yönünde bilinçlendirmeye çalışan ve eczanelerine koydukları atık ilaç kutuları ile geri toplama sistemine önemli bir destek sağlayan gönüllü eczacılar, çocuklar için okullarda gerçekleştirilen eğitimler projenin hedeflerine ulaşmasında önemli roller oynamıştır (<http://www.e-kutuphane.teb.org.tr/pdf/tebhaberler/mart-nisan10/5.pdf>, 07.02.2013).

Projenin diğer ayağını ise veri analizleri oluşturmaktadır. Atık ilaçlarını eczanelere geri getiren hastalara yapılan anketler ve toplanan atıklar üzerine gerçekleştirilen veri analizleri sonucunda ilaç sektöründe elde edilmeye çalışılan tasarruf tedbirlerine farklı bir pencereden bakılmasına imkân sağlayacak, ülkemizde akılcı ilaç kullanımı bilincinin oluşturulması ve evsel ilaç atıklarının minimal seviyelere çekilmesine ilişkin politikalara yön verecek nitelikte çıktılar elde edilmiştir. Bu veriler söz konusu uygulamanın tüm Türkiye’ye yaygınlaştırılmasının ne denli önemli olduğunu gözler önüne sermiştir (<http://www.e-kutuphane.teb.org.tr/pdf/tebhaberler/mart-nisan10/5.pdf>, 07.02.2013).

Projenin başladığı 2009 yılının Temmuz ayından itibaren dokuz ay boyunca çevre dostu 190 eczaneye yerleştirilen sarı renkli atık konteynırlarına tam 35.000 kutu ilaç getirilmiş, 2010 yılı piyasa değeri 500.000 TL olan atık ilaçların %70’inin

kullanım süresinin dolduğu, %45'inin ise ambalajlarının hiç açılmadan atıldığı tespit edilmiştir. Projede kullanılan tüm materyal ve ürünlerin doğaya dost ürünlerden tercih edildiğine değinen İlkurşunlu, bu kapsamda toplanan ilaçların ambalajlarından da yararlanıldığını ve katı atık merkezine satılarak elde edilen 155 TL'nin proje kapsamında değerlendirildiğini belirtmiştir ([http://www.edak.org.tr/v1/dosyalar/gazeteedak/sayi\\_57.pdf](http://www.edak.org.tr/v1/dosyalar/gazeteedak/sayi_57.pdf), 07.02.2013).

Dokuz aylık bir dönemi kapsayan ve sürekliliği sağlanan atık ilaçların toplanması ve bertarafı projesi, duyarlı vatandaşların ilgisi ve desteği ile Türkiye çapında bir proje olma yolunda ilerlemektedir. Sonraki bölümlerde proje ile ilgili daha ayrıntılı bilgilere yer verilmektedir.

### **3.5.3.2. Dünyadaki Uygulamalar**

Fransa, Almanya, İngiltere, İtalya, İspanya, Belçika, Norveç, Yunanistan, Portekiz, Polonya, Macaristan gibi ülkelerde farmasötik atık yönetimi yerel/bölgesel/ulusal yetkililerle veya farmasötik/dağıtımçı şirketler/atık yönetimi şirketleri ile belirli düzeylerde ortak bir hizmet olarak yürütülmektedir. Alman eczaneleri sağlık atıklarını toplamayı hastalarına bir hizmet olarak sunmakta ve ilaç endüstrisi bazı atık şirketleriyle işbirliği içinde eczanelere ücretsiz olan atık toplama sistemlerini sağlamaktadır (<http://www.e-kutuphane.teb.org.tr/pdf/tebhaberler/mart-nisan10/5.pdf>, 07.02.2013).

İtalya'da hastalarca getirilen miadı geçmiş ilaçlar ve eczanenin miadı geçmiş ilaçları farklı sistemler çerçevesinde toplanmaktadır. Hastaların getirdiği ilaçlara ilişkin düzenlemeyi doğrudan belediyeler yapmaktadır ve eczacıların bu sürece katılımı en düşük düzeyde tutulmaktadır. Atıkların toplanması için bir konteynır çoğunlukla eczanenin içinde ve bazen de dışında bulunmaktadır. Konteynırlar, sadece belediye görevlileri tarafından atıkları alarak imha bölgelerine götürmek için açılabilir. Eczanelerin miadı geçmiş ilaçlara ilişkin düzenleme ise, eczacı örgütlerinin, toptancı ve endüstri birliklerinin sahibi olduğu bir şirket tarafından organize edilmektedir (<http://www.e-kutuphane.teb.org.tr/pdf/tebhaberler/mart-nisan10/5.pdf>, 07.02.2013).

Üretici Sorumluluğunda İlaç Geri Toplama Programı (Producer Provided Medications Return Program), Kanada'nın İngiliz Kolombiyası (British Columbia) Eyaleti'nde 13 yıldır sürdürülen atık yönetimi programıdır. Kâr amacı gütmeyen "Tüketici-Sonrası Farmasötik Ürün Yönetimi Birliği (Post-consumer Pharmaceutical Stewardship Association - PCPSA)" tarafından sürdürülmektedir. Birliğin finansörlerini; Kanada Araştırmacı İlaç Firmaları (Canada's Research-Based Pharmaceutical Companies - Rx&D), Kanada Jenerik İlaç Birliği (Canadian Generic Pharmaceutical Association - CGPA), Kanada Öz Bakımı Geliştirme Birliği (Nonprescription Drug Manufacturers Association of Canada - NDMAC) oluşturmaktadır. Tüketiciler ve eczacılar ilaçların toplanmasında gönüllü çalışmakta olup hiçbir şekilde programın finansmanına katılmamaktadırlar (<http://www.e-kutuphane.teb.org.tr/pdf/tebhaberler/mart-nisan10/5.pdf>, 07.02.2013).

Dünyada çeşitli uygulamaları görülen evsel ilaç atıklarının toplanmasının en iyi örneklerinden biri İspanya'da bulunan Sigre isimli kâr amaçsız organizasyondur. Atık ilaçların toplanmasını amaçlayan bu sistem tersine lojistiğe dayalı, ilaç zincirindeki farklı oyuncuları barındıran kapalı bir yönetim sistemi olarak tasarlanmıştır. Sigre'de tersine lojistiğin ilk basamağı, hane halkı tarafından getirilen atık ilaçların eczanelerdeki "Punto SIGRE" olarak isimlendirilen özel konteynirlarda toplanmasıdır. Daha sonra, ilaç dağıtıcıları bu ilaçları su geçirmez konteynirler ile depolarına taşımaktadırlar. Son olarak ilaçlar "Kullanılmayan İlaçlar Sınıflandırma Tesisi"ne (Unused Medicines Classification Plant) götürülmektedir. Etkili bir ayrıştırma işleminden sonra işe yarar bileşenler geri kazanım seçeneklerine göre işlem görmekte, bir katma değeri olmayan malzemeler ise uygun şekilde bertaraf edilmektedir (<http://www.sigre.es>, 07.02.2013).

Evsel ilaç atıklarının toplanmasına yönelik programların çoğu ilaç üreticilerinden ürünlerini toplaması ve bertarafı için devlet fonu ile dengelenen bir ürün yönetim sistemi aracılığı ile en azından kısmi finansman sağlamaktadır. Fransa, eczanelerin istenmeyen ilaçları topladığı ve yeni ilaçları dağıtan kamyonların istenmeyen ilaçların bertaraf edilmesi için uzaklaştırdığı bir geri taşıma sistemi yürütmektedir. Geri taşıma, ulaşım maliyetlerini azaltmaktadır. Fransa maliyetleri farklı bir açıdan da azaltmaktadır. Buna göre eczacılar istenmeyen ilacı teslim alırken iki atık deposu arasında karar almaktadır. Bunlardan biri içerdiklerinden ötürü

yakılması planlananlar, diğeri ise insani kullanım ve kâr amaçsız kullanım için bağışlanan içeriktekilerdir. İmha edilmesi için toplanan AB ilaçlarının hepsi yüksek sıcaklıkta çöp yakma fırınında yok edilmektedir. Almanya, proaktif olarak yeni ilaçların onayından önce potansiyel tehlikelerini tanımlamak için bir yaşam döngüsü simülasyonu olmasını gerektirmektedir. Benzer yaşam döngüsü analizleri diğere AB ülkelerinde de düşünülmektedir (Drake, 2008: 5-6).

### **3.6. EVSEL İLAÇ ATIKLARININ TOPLANMASI PROJESİ**

TEB 3. Bölge İzmir Eczacılık Odası, 2009 yılında sivil toplum kuruluşu olmasının verdiği sosyal sorumluluk bilinciyle “Evsel İlaç Atıklarının Biriktirilmesi ve İmhası Projesi”ni hazırlamıştır. Projenin içeriği, evlerde kullanılmayan veya miadı dolmuş atık ilaçların eczanelerde kurulacak özel bir sistem aracılığı ile geri toplanması ve imha ettirilmesidir (<http://atikilac.com>, 23.06.2012).

İzmir Kalkınma Ajansı’na başvuran 234 proje arasında başarılı bulunan 71 projeden biri olan ve fon almaya hak kazanan evsel ilaç atıklarının biriktirilmesi ve imhası projesi bir pilot çalışma olarak İzmir’de başlatılmıştır. Projenin nihai amacı, bu projenin tüm illerde sürekli hale getirilmesi ve ilaç atıklarının çevreye ve doğaya verdiği zararları sonlandırmaktır. Proje katılımcılarına ait bilgiler aşağıdaki gibidir (<http://atikilac.com>, 23.06.2012):

- Başvuru Sahibi: TEB 3.Bölge İzmir Eczacı Odası
- Proje Ortakları:
  - o TC Sağlık Bakanlığı İlaç Eczacılık Genel Müdürlüğü
  - o Türk Eczacıları Birliği
  - o Ege Üniversitesi Eczacılık Fakültesi
  - o EÇEV Ege Çağdaş Eğitim Vakfı
- Proje İştirakçisi: EDAK Ecza Kooperatifi

#### **3.6.1. Tanıtım ve Eğitim Faaliyetleri**

Projenin hayata geçirilebilmesi için insanların bilinçlendirilmesi son derece önemlidir. İlk adımda atık ilaçlar hane halkı tarafından eczanelere getirileceğinden,

katılımın olmaması durumunda projenin başarısı önemli ölçüde etkilenecektir. Halkın bilinçlendirilmesinin yanında projedeki tüm çalışanların bilinçlendirilmesi ve bilgilendirilmesi gerekir. Projenin faaliyetleri aşağıdaki gibidir (<http://atakilac.com>, 23.06.2012):

- Eczacılara projenin tanıtılması, gönüllü eczanelerin belirlenmesi
- Web sitesinde proje tanıtım, organizasyon ve gönüllü eczanelere ulaşım hakkında bilgilendirme
- Eczanelere, sağlık ocaklarına, hastanelere, aile ve işyeri hekimlerine, çıkartma, afiş, broşür ulaştırılması
- Eczanelere gelen bireylere gönüllü eczacı tarafından broşür verilerek bilgilendirme yapılması
- Yazılı ve görsel basında tanıtım çalışmaları
- Eğitimcilerin standardizasyonunun sağlanması
- Okullardaki çocuklara ve öğretmenlere bilgilendirme yapılması
- Sivil toplumun bilgilendirilmesi, organizasyon (sempozyum) düzenlenmesi ve anket çalışması yürütülmesi
- Eczacıların ve eczane çalışanlarının bilinçlendirilmesi
- Toplama ve ayrıştırma merkezi personelinin eğitimi

### **3.6.2. Toplama ve Ayrıştırma**

Atık ilaçların ayrıştırılması ve bertarafı için öncelikle toplanması gerekmektedir. Toplama işleminin nasıl yapılacağı önemli bir konudur. Bunun için hane halkının en kolay ulaşabilecekleri gönüllü eczanelerden yararlanılmaktadır. Eczanelerde atık ilaçların biriktirilmesi ve zaman zaman da bu atıkların daha büyük depolara taşınması gerekir. Toplama faaliyetiyle ilgili olarak yapılması gerekenler şunlardır (<http://atakilac.com>, 23.06.2012):

- Ara toplama merkezleri atık ilaç toplama sisteminin yapılandırılması
- Biriktirme kutuları ve ilgili dokümanların (broşür, evsel atık ilaç takip formu) eczanelere ulaştırılması
- Evsel atık ilaçların farkındalık sağlanmış toplum tarafından gönüllü eczanelere getirilmesi

- Atık ilaçların güvenli şekilde biriktirilmesinin sağlanması
- Gönüllü eczanelerde toplanan evsel atık ilaçların toplama ve ayrıştırma merkezine iletilmesi için atık toplama ağının oluşturularak uygulamaya geçilmesi
- Evsel atık ilaç toplama araç görevlileri ile uyumlu çalışma yapılması, evsel atık ilaç toplama formu ile eczaneler ve toplama ve ayırma merkezi arasında atık ilaç takibinin sağlanması

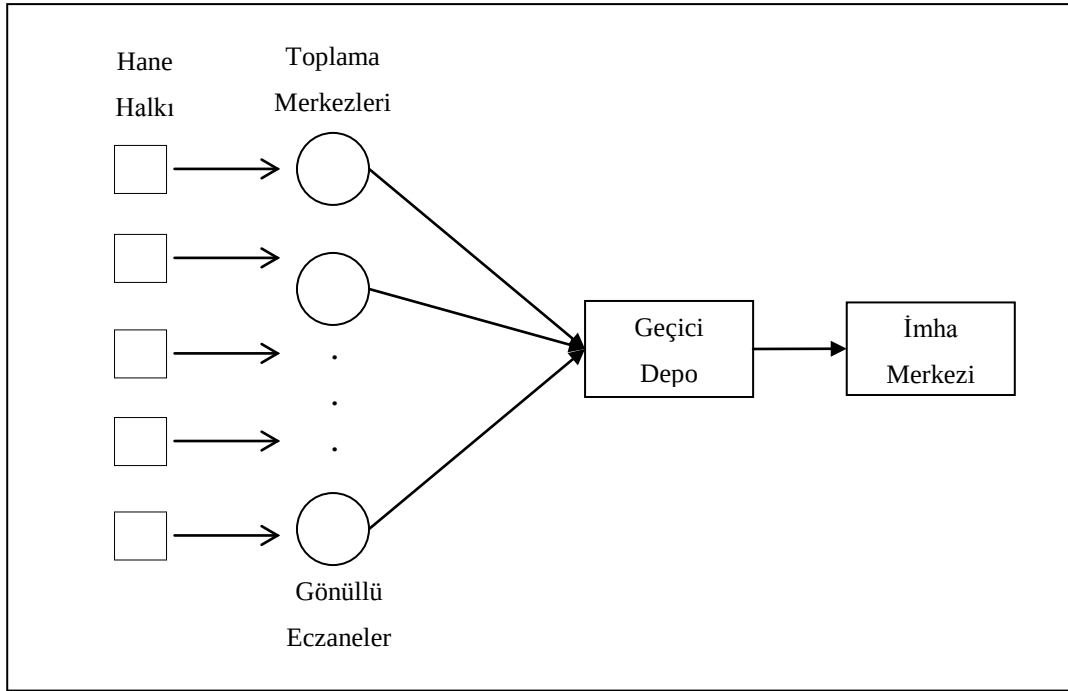
Ayrıştırma işlemi, geri dönen ürünlerin niteliklerine göre işlem yapılabilmesi için sınıflandırılmasıdır. Atık ilaçlar, her ne kadar kullanımları açısından atık niteliğinde olsa da, farklı yönlerden katma değere sahip olabilmektedirler. Örneğin, son kullanım tarihi geçmiş bebek mamaları köpek yemi olabilmektedir. Ya da ambalajlardan kâğıt geri dönüşümü yapılabilmektedir. Ayrıştırma işlemi için projeye ilgili gerekli adımlar şöyledir (<http://atikilac.com>, 23.06.2012):

- Toplama ve ayrıştırma merkezinin kurulması
- E.Ü. Eczacılık Fakültesi öğrencilerinin toplama ve ayrıştırma merkezinde istihdamı
- Sorumlu eczacının toplama ve ayrıştırma merkezinde istihdamı
- Toplama ayrıştırma merkezinde gönüllü eczanelerden gelen atık ilaçların güvenli şekilde depolanmasının sağlanması
- Evsel atık ilaç takip formlarının muhafazası ve eczaneler tarafından yapılan bildirimlerin kontrol edilmesi
- Ambalaj malzemeleri ile ilaç atıklarının ayrılması
- Atık ilaçların sınıflandırılarak ayrılması

### **3.6.3. Tersine Lojistik Süreci ve Problemin Kapsamı**

Atık ilaçların son kullanıcılardan toplanması ve bertarafı amacıyla kurulan tersine lojistik süreci Şekil 16'daki gibidir. Buna göre öncelikle atık ilaçlar hane halkı tarafından eczanelere bırakılmaktadır. Eczanelerde konteynirlarda toplanan atık ilaçlar, araçlarla geçici depoya taşınmakta oradan da imha merkezine gönderilmektedir.

**Şekil 16:** Projenin Tersine Lojistik Süreci



Hane halkı tarafından atık ilaçların bırakıldığı eczaneler ÇEKOOP (Çevreci Eczacılar Kooperatifi) üyesi gönüllü eczanelerdir. ÇEKOOP tarafından bu eczanelere 0,80m<sup>3</sup>'lük konteynırlar temin edilmiştir. Muhafazalı ve yetkisiz kişilerin içerisine erişmesini engelleyecek şekilde tasarlanmış konteynırlarda toplanan atık ilaçlar, EDAK (Eczacılar Üretim, Temin ve Dağıtım Kooperatifi) araçları ile geçici depoya taşınmaktadır. Buca belediyesi tarafından tahsis edilen 300m<sup>2</sup>'lik geçici deponun fotoğrafları EK 1'de yer almaktadır. Geçici depoda toplanan atık ilaçlar ayrıştırma işleminden sonra imha merkezine gönderilmektedir. EK 2'de yükleme ve taşıma faaliyetlerine ilişkin fotoğraflara yer verilmiştir.

Problemin kapsamı, hane halkı tarafından getirilen ve eczanelerde toplanan atık ilaçların geçici depoya taşınması sürecidir. Araç, 200'e yakın eczaneyi dolaşması gerektiği için gezgin satıcı problemi kapsamında yer almaktadır. Gezgin satıcı problemi, her noktaya sadece bir kez uğramak koşuluyla bütün noktaların en ekonomik şekilde ya da en kısa yoldan dolaşılmasını amaçlar. Rasgele dolaşım yerine optimize edilmiş bir rotasyonun takip edilmesi ile zaman ve maliyet tasarrufu sağlanabilmektedir.



### **3.7. YAZILIMIN GELİŞTİRİLMESİ**

Evsel ilaç atıklarının toplanması projesinde genetik algoritmaların kullanılması için hesaplamayı sağlayacak bir yazılıma gereksinim duyulmaktadır. Hesaplamalar çok uzun süreceği için elle hesaplama yapmak mümkün değildir. Bu nedenle bilgisayarların hızlı işlem yapma özelliğinden yararlanmak amacıyla masaüstü bir yazılım geliştirilmiştir. Bu bölümde tasarlanan yazılımın ayrıntılarına yer verilmektedir.

#### **3.7.1. Yararlanılan Araçlar ve Metotlar**

Windows işletim sisteminde çalışan masaüstü yazılım, .Net yazılım geliştirme ortamında, C# nesne tabanlı yazılım dili ile geliştirilmiştir. Verilerin düzenlenmesi ve yazılıma yüklenmesi için ise Microsoft Excel çalışma sayfası formatı kullanılmaktadır. Rotasyon planlama bölümü için genetik algoritma ve 2-Opt yerel arama metodunun birleşik olarak kullanıldığı melez genetik algoritma tercih edilmektedir. Simülasyon bölümü için ise bir akış diyagramı oluşturulmuştur. Akış diyagramının mantığına göre çeşitli parametrelerle farklı modeller hesaplanabilmektedir.

##### **3.7.1.1. .Net Yazılım Geliştirme Ortamı**

.NET Framework, çok dağınık (highly-distributed), bileşen yönelimli uygulamaların geliştirilmesini ve yürütülmesini destekleyen bir ortam tanımlar. .NET Framework, farklılık gösteren bilgisayar dillerinin birlikte çalışmasını mümkün kılar ve Windows platformu için güvenlik, taşınabilirlik (programlar açısından) ve ortak bir programlama modeli sağlar (Schilt, 2006: 9). Geliştirilen yazılım, .Net yazılım geliştirme ortamında C# nesne tabanlı yazılım dili ile kodlanmıştır. Sonraki başlıkta C# daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

### 3.7.1.2. C# Nesne Tabanlı Programlama Dili

C#, .NET uygulamaları geliştirmek için Microsoft'un öncelikli dilidir. Güncel yeniliklerle birlikte gelen gücü kanıtlanmış özellikleriyle, modern kurumsal bilgi işlem ortamları için kullanışlı ve verimli programlar yazmayı kolaylaştırır. Bu sebeple, her açıdan 21. yüzyılın en önemli programlama dillerinden biridir (Schildt, 2006: 4). C# nesne tabanlı programlama dillerinin ortak özelliklerini barındırır. Bu ortak özellikler şunlardır:

1. Sarmalama: Metotlara ve değişkenlere erişimi denetleyen, doğrudan erişimini engellemeyi ve karmaşıklığı engellemeyi sağlayan bir özelliktir. Buna göre yazılımda oluşturulan bir nesnenin veri bütünlüğünün bozulması ihtimali en aza indirilir. Örneğin; bir nesneye ait sayısal bir özelliğın değeri doğrudan değeri atamak yerine sadece bir metot kullanılarak artırılıp eksiltiliyor olabilir. Bu, sarmalama sayesinde mümkün olmaktadır.
2. Çok biçimlilik: Genel bir etkinlikler sınıfına erişmek için bir arabirime imkân veren bir özelliktir (Schilt, 2006: 13). Arabirim, genel bir fonksiyonun farklı sınıf türlerinde uygulanabilmesini sağlar. Örneğın sıralama fonksiyonu her sınıf nesnesi için aynı olmayabilir. Kimi zaman sayısal sıralama, kimi zaman alfabetik sıralama yapmak gerekir. Bazı durumlarda da arabirim aracılığıyla sıralama yapılacak fonksiyonun tanımlanması yapılır, bu arabirimin sonucuna göre sıralama yapılabilir.
3. Kalıtım: Bir nesnenin diğeri bir nesnenin özelliklerini sahiplenebilmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu önemlidir, çünkü kalıtım, hiyerarşik sınıflandırma kavramını destekler. Bilgilerin büyük bölümü hiyerarşik sınıflandırma sayesinde yönetilebilir kılınır. Örneğın, kırmızı tatlı elma, elma sınıflandırmasının bir parçasıdır. Elma, meyve sınıfının bir parçasıdır. Meyve ise daha büyük bir sınıf olan yiyecek sınıfının altında yer alır. Yani, yiyecek sınıfı, aynı zamanda mantıksal olarak kendisinin bir alt sınıfı olan meyve sınıfına da uygulanabilecek belirli özellikleri (yenilebilir, besleyici vs.) sahiptir. Bu özelliklere ek olarak, meyve sınıfının da kendisini diğeri sınıflardan ayırt eden, kendisine özgü özellikleri (sulu, tatlı vs.) vardır. Elma sınıfı bu tür özelliklerden elmaya özgü olanları (ağaçta yetişir, tropik meyve

değildir vs.) tanımlar. Kırmızı tatlı elma, bu durumda, kendisinden önce gelen tüm sınıfların tüm özelliklerini kalıtım yoluyla devralır ve bu özelliklerden sadece kendisini eşsiz kılanları tanımlar (Schilt, 2006: 14).

### **3.7.1.3. Genetik Algoritma ve 2-Opt**

Daha önce açıklandığı gibi, atık ilaçların tersine lojistik sürecinde ele alınan problem, ilaçların eczanelerden geçici depoya taşınmasıdır. Eczanelerden geçici depoya taşınması için bir araç sırayla eczaneleri dolaşmakta, taşıma kısıtı dolduğunda yükünü depoya bırakıp bütün eczaneler dolaşılana kadar yoluna devam etmektedir. Taşıma kısıtı, yasal sınır olup, atık taşıma lisansı bulunmayan araçlar için en fazla 50kg olmaktadır. Yani bu sınırın üzerinde atık ilaçların taşınması yasalara aykırıdır ve cezai işlem gerektirmektedir.

Gezgin satıcı problemi kapsamında yer alan bu problemde çözümün hızlı ve optimuma yakın olması amacıyla genetik algoritma tercih edilmektedir. Genetik algoritmanın dezavantajlarından biri yerel aramalarda çok başarılı olmamasıdır. Bunun için de 2-Opt yerel arama algoritması ile birlikte kullanılmaktadır. Daha önceki çalışmalarda 2-Opt ile beraber kullanıldığında genetik algoritmanın başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

## **3.7.2. Yazılım Süreci**

### **3.7.2.1. Uygulama Verileri**

Hesaplamanın yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan veriler Tablo 12’de yer almaktadır. Buna göre eczanelerin isimleri, koordinatları ve her eczaneden toplanacağı tahmin edilen atık ilaç miktarı yazılmalıdır. Bu miktar, simülasyonda kullanılmaktadır. Kısaca, taşıma kısıtı olan aracın dolduğu takdirde depoya atık ilaçları bırakması için fazladan mesafe kat etmesi gerekmekte, bu da ekstra maliyete neden olmaktadır. Bu simülasyon başlığında daha ayrıntılı açıklanmaktadır.

İhtiyaç duyulan diğer veriler depoların isim ve koordinatlarıdır. Simülasyon aşamasında depoların bilgileri yüklendiğinde simülasyon akış diyagramında

gösterildiği şekilde taşıma işlemi hesaplanmaktadır. Bunların dışında bir de araç taşıma kısıtı bulunmaktadır. Bu da aynı şekilde simülasyonda kullanılan bir özellik olup farklı taşıma modellerinin hesaplanmasında kullanıldığı için zorunludur.

**Tablo 12:** İhtiyaç Duyulan Veriler

| Birimler             | Veri Türleri              | Açıklama                                                                   |
|----------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Eczane</b>        | İsim                      | Eczanenin Adı                                                              |
|                      | Koordinat (Enlem, Boylam) | Google Maps gibi uygulamalardan elde edilebilecek ilgili koordinat noktası |
|                      | Miktar (kg)               | Eczaneden toplanacak atık ilaç miktarı (Tahmini değer)                     |
| <b>Depo</b>          | İsim                      | Deponun adı                                                                |
|                      | Koordinat (Enlem, Boylam) | Koordinatın enlem ve boylam bilgisi                                        |
| <b>Araç (Taşıma)</b> | Kapasite (kg)             | Bir seferde taşınabilecek en yüksek miktar                                 |

Bu tablodaki veriler elde edildikten sonra Excel dosyasına kaydedilir. Eczanelere ait veriler “veriler” çalışma sayfasında yer alır. Her satır bir eczaneye ait veriyi içermelidir. Sütunlar ise eczanelerin bir özelliğini gösterir. Örnek veriler Tablo 13’te görülebilir. Depolara ait veriler ise aynı dosyada “depolar” çalışma sayfasında yer almaktadır. Örnek depo verileri de Tablo 14’deki gibidir. Araçları taşıma kapasitesine ait bilgi ise simülasyon aşamasında doğrudan yazılıma girilmektedir.

**Tablo 13:** Eczanelere Ait Örnek Veriler

| Eczane Adı | Enlem    | Boylam   | Miktar |
|------------|----------|----------|--------|
| 1. Eczane  | 38,29729 | 27,16786 | 3      |
| 2. Eczane  | 38,31251 | 27,13271 | 2      |
| 3. Eczane  | 38,31557 | 27,13439 | 4      |
| 4. Eczane  | 38,32499 | 27,13694 | 1      |
| 5. Eczane  | 38,34014 | 27,14241 | 2      |
| 6. Eczane  | 38,36122 | 27,10177 | 3      |

**Tablo 14:** Depolara Ait Örnek Veriler

| Depo Adı | Enlem     | Boylam    |
|----------|-----------|-----------|
| DEPO-1   | 38,362051 | 27,145886 |
| DEPO-2   | 38,463737 | 27,169361 |

### 3.7.2.2. Temel Sınıflar

Nesne tabanlı yazılımın en büyük avantajlarından bir tanesi sınıflar oluşturup bu sınıflardan nesnelerin türetilmesi ve nesneler üzerinde işlem yapılabilmesidir. Genetik algoritmanın en küçük yapı taşından başlayarak oluşturulan temel sınıflar Tablo 15’te gösterilmektedir. Buna göre her bir nokta bir geni temsil etmekte, her bir kromozom nokta dizilerinden oluşan rotasyon sıralamasını, popülasyon ise kromozomlardan oluşan nüfusu temsil etmektedir.

**Tablo 15:** Yazılımda Kullanılan Temel Sınıflar

|                | <b>Nokta</b>             | <b>Kromozom</b>                    | <b>Popülasyon</b>                                                                 |
|----------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Alanlar</b> | Isim<br>Miktar<br>X<br>Y | Boyut<br>Mesafeler<br>NoktaListesi | EnYiKromozom<br>Kromozomlar<br>MaksNesil<br>Nesil<br>Nufus<br>Secilim<br>YeniEnYi |

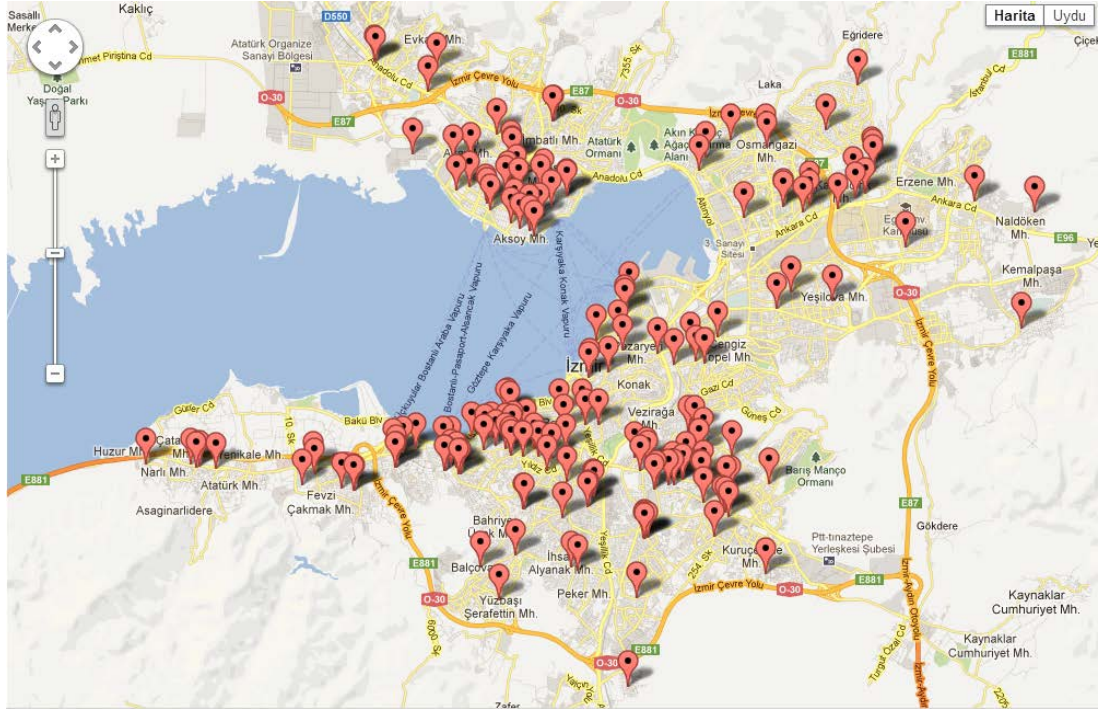
Her sınıfın alanları ilgili nesnenin hafızasında tutacağı özelliklerini barındıracaktır. Bu özellikler sınıflarla birlikte aşağıdaki gibidir:

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nokta</b>      | Isim: Eczanenin adı<br>Miktar: Eczanede toplanacağı varsayılan ilaç miktarı<br>X, Y: Enlem ve boylam                                                                                                                                                                                              |
| <b>Kromozom</b>   | Boyut: Kromozomdaki noktaların sayısı<br>Mesafeler: Noktalar arasındaki mesafeler<br>NoktaListesi: Noktaların tutulduğu dizi                                                                                                                                                                      |
| <b>Popülasyon</b> | EnYiKromozom: Popülasyondaki en iyi uygunluk değerine sahip kromozom<br>Kromozomlar: Popülasyondaki kromozom seti<br>MaksNesil: Genetik algoritma işleminin uygulanacağı maksimum nesil sayısı<br>Nesil: Süreçte kaçınıcı nesilde olduğunu gösterir<br>Nufus: Popülasyondaki kromozomların sayısı |

Secilim: Popölasyona her nesilde eklenecek ve çıkarılacak kromozomların sayısı

YeniEnIyi: Öncekilerden daha iyi uygunluk değeriine sahip kromozomun bulunduğunu gösterir

Şekil 17: Koordinatların Belirlenmesi



Kaynak: <http://maps.google.com>, 22.04.2012.

### 3.7.2.3. Koordinatların Belirlenmesi

Koordinatlar, eczaneler ve depolar için mesafelerin hesaplanmasında kullanıldığından ilk önce belirlenmesi gereken verilerdendir. Mesafelerin hesaplanabilmesi için “Google Maps” web uygulaması kullanılmıştır. İlgili koordinatın bulunması için izlenen yol şu şekildedir:

1. Koordinatı bulunacak olan adres haritadan bulunur. Bunun için arama kutusu kullanılabileceği gibi, yeri tam olarak biliniyorsa sürüklemeye ve tarama yöntemiyle de bulunabilir.
2. İstenen noktaya sağ tıklanır. Açılan menüden “Burada ne var?” seçeneği seçilir.

3. Arama kutusunda seçilen yerin koordinatı (“38.385266,27.181245” gibi) çıkmaktadır. İstenen noktanın enlem ve boylam değerleri virgül ile ayrılmış olarak elde edilir.
4. Bu veri Excel çalışma sayfasına iki farklı hücreye ayrı ayrı kaydedilir. Önemli olan bir nokta da ondalık işaretinin noktadan virgüle dönüştürülmesidir. Örnek olarak enlem değeri için “38,385266”, boylam değeri için “27,181245” yazılır.

Eczanelerin koordinatları bulunduktan sonra Google Maps uygulaması vasıtasıyla görsel olarak harita üzerinde konumlandırılmıştır (Şekil 17). Bu işlemin amacı hem eczanelerin yerlerini toplu olarak görmek, hem de sonuçlarda ortaya çıkabilecek herhangi bir hatanın önceden engellenmesini sağlamaktır.

#### 3.7.2.4. Mesafelerin Hesaplanması

Koordinatlar bulunduktan sonra Excel sayfasına kaydedilmekte, daha sonra yazılıma yüklenmektedir. Yazılımda noktaların yüklenmesi işleminden sonra her bir nokta için enlem ve boylam değerleri oluşturulur. Bu değerlere göre eczaneler ve depolar arasındaki uzaklıkların hesaplanması mümkün olmaktadır.

İki nokta arasındaki en kısa mesafe bir doğrudur. Ancak dünya şartlarında bir yerden bir yere gidebilmek için bir doğrunun takip edilmesi çoğu durumda imkânsızdır. Yolların durumu, binalar, doğa şartları gibi engeller buna engel olmaktadır. Ancak yazılımda gerçek mesafelerin hesaplanması mümkün olmadığından geometrik hesaplama yöntemi olan “Haversine” metodu kullanılmaktadır. Haversine metoduna ilişkin kodlar aşağıda yer almaktadır (<http://www.yazgelistir.com/makale/gps-koordinatlari-verilen-iki-nokta-arasi-uzaklik>, 29.05.2012):

```
public double HaversineDistance(double lat1, double lon1, double lat2, double lon2)
{
    double R = 6371 * 1000;
    double deltaLat = DegToRad(lat2 - lat1);
    double deltaLon = DegToRad(lon2 - lon1);
    double a = Math.Sin(deltaLat / 2) * Math.Sin(deltaLat / 2) +
```

```

        Math.Cos(DegToRad(lat1)) * Math.Cos(DegToRad(lat2)) *
        Math.Sin(deltaLon / 2) * Math.Sin(deltaLon / 2);
double c = 2 * Math.Asin( Math.Min(1, Math.Sqrt(a)) );
double d = R * c;
return d;
}

private static double DegToRad(double deg)
{
    return (deg * Math.PI / 180.0);
}

private static double RadToDeg(double rad)
{
    return (rad / Math.PI * 180.0);
}

```

Mesafeler hesaplandıktan sonra kromozom nesnesinin “mesafeler” alanında saklanır. Daha sonra her kromozom için uygunluk fonksiyonu bu değerlere göre hesaplanmaktadır. Uygunluk değeri ne kadar küçükse bulunan çözüm o kadar iyidir.

### 3.7.2.5. Kromozomlar ve Popülasyon

Kromozomlar, permütasyon şeklinde kodlanan rotasyonlardan oluşur. Dizideki her öge sıralamada gidilecek bir sonraki noktayı temsil etmektedir. Bu durumda kaç farklı nokta varsa, o büyüklükte bir dizinin oluşturulması gerekir. Dizide eksik eleman olmayacak ve her bir noktanın bir kere bulunmasını sağlayacak şekilde sıralama yapılmalıdır.

Genetik algorithmada nesilden nesile iyileşme işleminin yapılabilmesi için bir popülasyona ihtiyaç vardır. Popülasyon kromozomlar setinden oluşan bir kümedir. Özetle; kromozomlar noktalardan oluşmakta, popülasyon da kromozomlardan oluşmaktadır. Başlangıçta rasgele oluşturulan kromozomlar, nesilden nesile çaprazlama ve mutasyon işlemleri yardımıyla iyileştirilir.



### 3.7.2.6. Uygunluk Fonksiyonu ve Uygunluk Değerleri

Kromozomlar oluşturulduktan sonra uygunluk değerlerinin hesaplanması gerekir. Uygunluk değeri kromozomda herhangi bir değişiklik yapana kadar aynı kalacağı için her bir kromozomun uygunluk değeri sadece bir kere hesaplanmaktadır. Bütün değerlendirmeler bu uygunluk değeri ile yapılır. Uygunluk değeri, kromozoma ait sıralamadaki ardışık her iki nokta arasındaki mesafenin toplanması sonucu elde edilir. Uygunluk fonksiyonuna ait C# kodu aşağıdaki gibidir:

```
public void UygunlukHesapla(Kromozom kromozom)
{
    double toplam = 0.0;
    for (int i = 0; i < this.Genler.Count - 2; i++)
    {
        toplam += kromozom.Mesafeler[this.Genler[i], this.Genler[i + 1]];
    }
    toplam += kromozom.Mesafeler[this.Genler[this.Genler.Count - 1], this.Genler[0]];
    this.UygunlukDegeri = toplam;
}
```

“UygunlukHesapla” metodu kromozom adında bir parametre almaktadır. Dizi ilk elemandan başlayarak ardışık olarak ikişer karşılaştırmalar yapılması suretiyle “Mesafeler” alanında saklanan değerleri getirmektedir. Bu değerlerin toplamı son olarak kromozomun “UygunlukDegeri” alanına kaydedilmektedir.

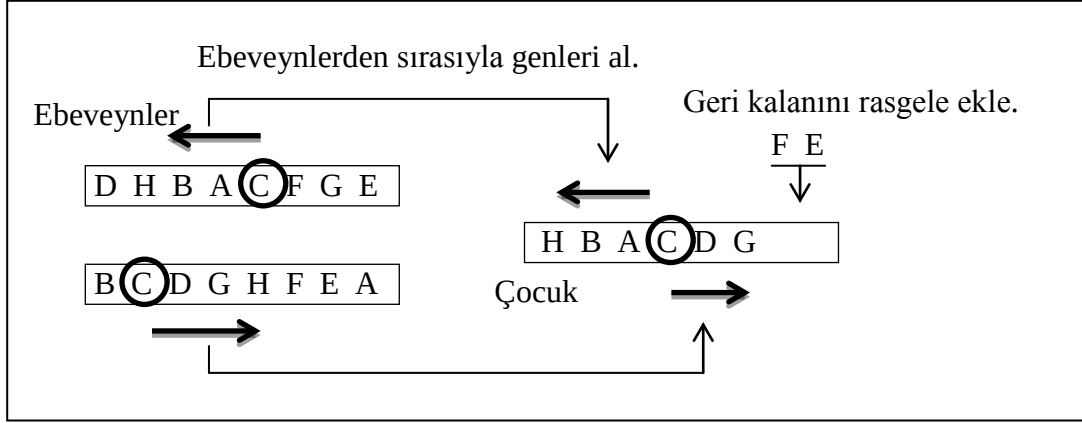
### 3.7.2.7. Çaprazlama İşlemi

2-Opt algoritması ile iyileştirme yapıldığında çoğunlukla yerel minimumlara takılma söz konusu olmaktadır. Bunu önlemek için Sengoku ve Yoshihara (1998) tarafından “Açgözlü Alttur Çaprazlama” (Greedy Subtour Crossover) yöntemi önerilmektedir (Sengoku ve Yoshihara, 1998: 2).

Açgözlü alttur çaprazlama Şekil 18’deki gibidir. Buna göre kromozom üzerinde rasgele bir nokta seçilir. Yeni oluşturulan kromozom için önceki iki kromozomdan biri sola diğeri sağa doğru devam edecek şekilde sıra ile genler

eklenir. Her iki yöne doğru da daha önce eklenmiş olan genlere denk gelinceye kadar işlem devam eder. Eğer geri kalan genler varsa yeni kromozoma rasgele eklenir.

**Şekil 18:** Açgözlü Alttur Çaprazlama Yöntemi



Kaynak: Sengoku ve Yoshihara, 1998: 2.

Çaprazlama işlemine ait yazılım kodu aşağıda yer almaktadır. Burada çaprazlamaya giren iki kromozom “krm1” ve “krm2” şeklinde iki parametre olarak girilmektedir. Üçüncü parametre “rand” ise rasgele eklenmesi gereken rakamları eklerken kullanılmaktadır.

```
public Kromozom(Kromozom krm1, Kromozom krm2, Random rand)
```

```
{
    {
        int kapasite = krm1.Genler.Count;
        Kromozom birinciKromozom = krm1;
        Kromozom ikinciKromozom = krm2;
        List<Int32> eklenecekDegerler = krm1.Genler.ToList<Int32>();
        Kromozom yeniKromozom = new Kromozom(kapasite);
        for (int i = 0; i < kapasite; i++)
        {
            yeniKromozom.Genler.Insert(i, -1);
        }
        int secilenDeger = rand.Next(0, kapasite);
        int indeks1 = birinciKromozom.Genler.FindIndex(delegate(Int32 i) { return i ==
secilenDeger; });
```

```

        int indeks2 = ikinciKromozom.Genler.FindIndex(delegate(Int32 i) { return i ==
secilenDeger; });
        int ileriInd = 1;
        int geriInd = kapasite - 1;

        bool birinciBitti = false;
        bool ikinciBitti = false;

        yeniKromozom.Genler[0] = secilenDeger;
        eklenecekDegerler.Remove(secilenDeger);

        while (birinciBitti == false || ikinciBitti == false)
        {
            if (birinciBitti == false)
            {
                if (indeks1 == kapasite - 1)
                    indeks1 = 0;
                else indeks1++;

                if (eklenecekDegerler.FindIndex(delegate(Int32 i) { return i ==
birinciKromozom.Genler[indeks1]; }) != -1)
                {
                    yeniKromozom.Genler[ileriInd] = birinciKromozom.Genler[indeks1];
                    eklenecekDegerler.Remove(birinciKromozom.Genler[indeks1]);
                    ileriInd++;
                }
                else
                    birinciBitti = true;
            }
            if (ikinciBitti == false)
            {
                if (indeks2 == 0)
                    indeks2 = kapasite - 1;
                else indeks2--;
            }
        }
    }
}

```

```

        if (eklenecekDegerler.FindIndex(delegate(Int32 i) { return i ==
ikinciKromozom.Genler[indeks2]; }) != -1)
        {
            yeniKromozom.Genler[geriInd] = ikinciKromozom.Genler[indeks2];
            eklenecekDegerler.Remove(ikinciKromozom.Genler[indeks2]);
            geriInd--;
        }
        else
            ikinciBitti = true;
    }
}
int kalanDegerSayisi = eklenecekDegerler.Count;
for (int i = 0; i < kalanDegerSayisi; i++)
{
    int rndIndeks = rand.Next(0, eklenecekDegerler.Count);
    yeniKromozom.Genler[ileriInd] = eklenecekDegerler[rndIndeks];
    eklenecekDegerler.RemoveAt(rndIndeks);
    ileriInd++;
}
this.Genler = yeniKromozom.Genler;
}
}

```

### 3.7.2.8. 2-Opt Yerel Arama Metodu

2-Opt yerel arama metodu, daha önce anlatıldığı gibi turu iki noktadan keserek yön değiştirip iyileştirmelerin araştırılması ile olur. 2-Opt metodunun uygulanması, yapılacak iyileştirme kalmayıncaya kadar bu işlemin tekrarlanması şeklinde olmaktadır. Genetik algoritma ile birlikte kullanıldığında oldukça etkili bir tekniktir. Çünkü çaprazlama işleminde rasgele eklenen genler üzerinde iyileştirme yapılmazsa turun uygunluk değeri olması gerektiğinden çok daha fazla çıkabilir. Bunun sonucunda da iyi olabilecek çözümlerin popülasyondan çıkarılması gibi bir hata ile karşılaşılabilir. Bir kromozoma 2-Opt metodunun uygulanması aşağıdaki kod ile yapılmaktadır:

```

public bool 2opt(Kromozom kromozom)
{
    int boyut = this.Genler.Count;
    if (boyut < 5)
    {
        this.Mutasyon = true;
        return false;
    }
    for (int i = 0; i < boyut - 3; i++)
    {
        for (int j = i + 2; j < boyut - 1; j++)
        {
            double eski = kromozom.Mesafeler[this.Genler[i], this.Genler[i + 1]] +
kromozom.Mesafeler[this.Genler[j], this.Genler[j + 1]];
            double yeni = kromozom.Mesafeler[this.Genler[i], this.Genler[j]] +
kromozom.Mesafeler[this.Genler[i + 1], this.Genler[j + 1]];
            if (eski > yeni)
            {
                this.Degistir(i + 1, j);
                return true;
            }
        }
    }
    for (int j = 1; j < boyut - 2; j++)
    {
        double eski = kromozom.Mesafeler[this.Genler[boyut - 1], this.Genler[0]] +
kromozom.Mesafeler[this.Genler[j], this.Genler[j + 1]];
        double yeni = kromozom.Mesafeler[this.Genler[boyut - 1], this.Genler[j]] +
kromozom.Mesafeler[this.Genler[0], this.Genler[j + 1]];
        if (eski > yeni)
        {
            this.Degistir(0, j);
            return true;
        }
    }
}

```

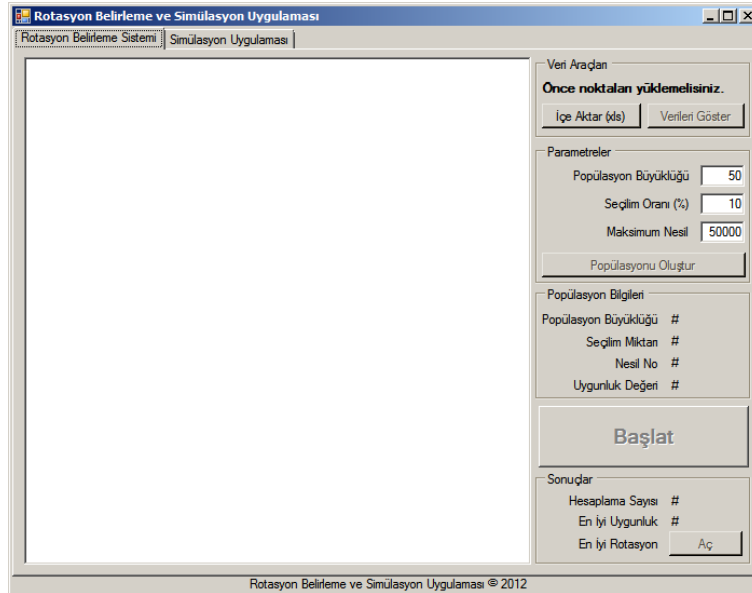
```
return false;  
}
```

Kod kümesindeki “Degistir” metodu herhangi bir iyileşmenin tespit durumunda turun başlangıç ve bitiş noktalarından çevrilmesi işlemini gerçekleştirir. Burada metodun aldığı parametre kromozom olup, herhangi bir iyileştirme olup olmadığını bildiren “doğru/yanlış” türünde bir veri döndürür. Bu sayede herhangi bir iyileştirme kalmayıncaya kadar metod tekrarlanır. Bir kromozom için bir kere uygulanan 2-Opt metodu aynı kromozom için tekrar uygulanmaz. Çünkü herhangi bir iyileştirme olmayacaktır.

### 3.7.2.9. Yazılımın Arayüzü

Yazılımın arayüzü temel olarak iki kısımdan oluşmaktadır (Şekil 19). İlk kısım, en kısa yolun bulunmasını sağlayan rotasyon belirleme, ikinci kısım ise belirlenen en kısa yol üzerinden hesaplamaların gerçekleştirildiği simülasyon uygulaması kısmıdır.

**Şekil 19:** Yazılımın Arayüzü



Rotasyon belirleme işlemi yapılırken daha önce hazırlanan eczanelere ait verilerin yer aldığı dosya yüklenir. Hesaplama işlemi tamamlandıktan sonra bulunan

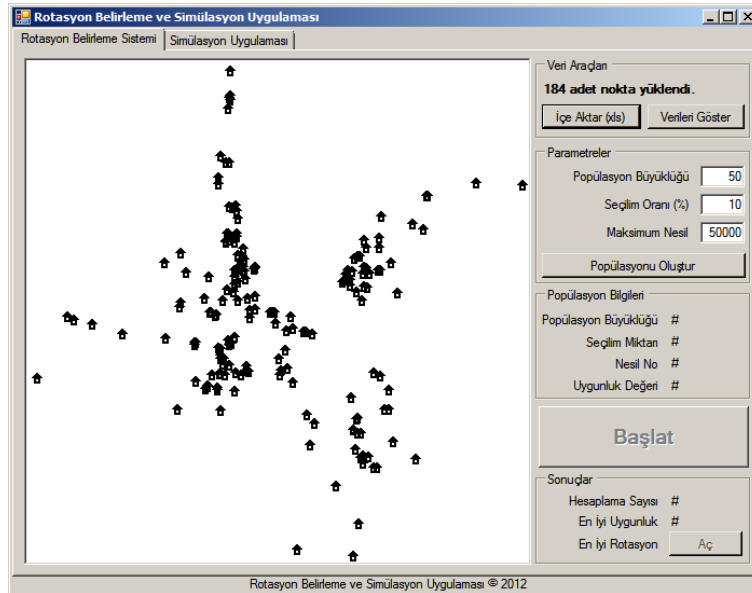
en kısa yol üzerinden simülasyon yapılabilmesi için ikinci kısımda depolara ait verilerin yüklenmesi gerekir.

### 3.7.2.10. Rotasyon Belirleme

Rotasyonun belirlenmesi için hazırlanan Excel dosyası “İçe Aktar” butonu vasıtasıyla sisteme yüklenir. Yüklenen veriler çizim paletinde temsili olarak gösterilir (Şekil 20). Verilerin doğru yüklenip yüklenmediğini anlamak için “Verileri Göster” butonuna tıklanarak çıkan liste kontrol edilebilir. Bu listedeki veriler, yüklenen dosyadaki veriler ile aynı olmalıdır.

Noktalar yüklendikten sonra ilk popülasyonun oluşturulması işlemi vardır. Bunun için popülasyon büyüklüğü parametresi üretilecek çözüm sayısını (farklı rotasyonu) gösterir. Seçim oranı parametresiyle çaprazlanacak ve popülasyondan çıkacak olan kromozomların sayıları belirlenir. Maksimum nesil ise evrim işleminin uygulanacağı maksimum sayıyı belirler. İşleyiş sürecinde durdurma işlemi yapılmadığı takdirde bu sayıya ulaşınca kadar genetik algoritma devam eder.

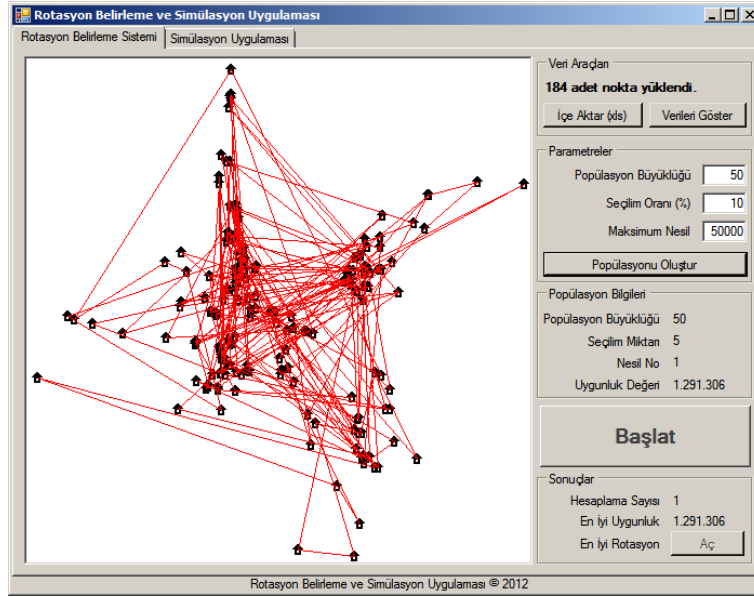
Şekil 20: Eczanelere Ait Verilerin Yüklenmesi



Genetik algoritma parametreleri ve veriler belirlendiğinde “Popülasyonu Oluştur” butonu ile başlangıç popülasyonu belirlenmelidir. Başlangıç popülasyonu

rasgele sıralama şeklinde oluşturulur (Şekil 21). Şekilde de görüldüğü gibi sıralama rasgele olacağından karmaşık ve uzun bir yol çizilir. Genetik algoritma süreci başlatıldığında ise bu yol kısaltmakta, her yeni iyi rotasyon tespitinde yeni bir yol çizilmektedir.

**Şekil 21:** Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması

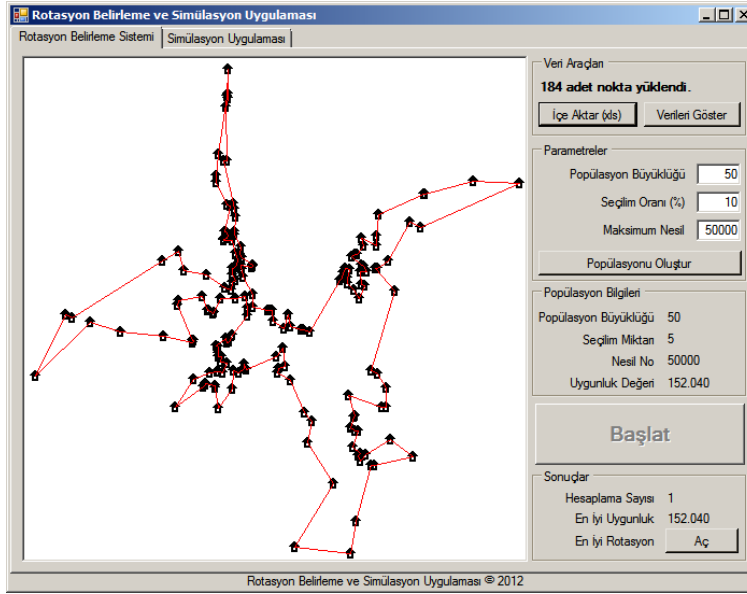


Rotasyon belirleme işleminin yani genetik algoritma sürecinin başlatılması için “Başlat” butonuna tıklanır. Bu süreçte her yeni iyi rotasyon tespitinde yeni bir rotasyon çizilir, bulunan en iyi rotasyona ait nesil numarası ve en iyi rotasyonun uygunluk değeri yazılır. Şekil 22’de genetik algoritma süreci tamamlanmış bir uygulamanın ekran görüntüsü yer almaktadır.

Sonuçlar kısmında hesaplama sayısı, en iyi uygunluk ve en iyi rotasyon bilgileri yer almaktadır. Genetik algoritma bir optimizasyon tekniği olmadığı için en iyi sonucu garanti etmez, fakat en iyiye yakın sonucu garanti eder. En iyiye yakın birden çok alternatif bulunabileceğinden, yazılımda birden fazla kez deneme yapma imkânı sunulmaktadır. Bu denemeler arasından en iyi uygunluk değerine sahip çözüm belirlenebilmektedir. En iyi rotasyon kısmında ise “Aç” butonu tıklandığında Şekil 23’teki gibi bir liste açılır. Bu sıralama listesi bilgisayara da kaydedilebilir.



Şekil 22: Rotasyon Belirleme Sonucu



Şekil 23: En İyi Rotasyon

| En İyi Rotasyon |                         |  |
|-----------------|-------------------------|--|
| 1               | BUCA ECZANESİ           |  |
| 2               | MAVİŞEHİR ECZANESİ      |  |
| 3               | MAVİ EGE ECZANESİ       |  |
| 4               | YENİ EZGİ ECZANESİ      |  |
| 5               | GÜLÇİN ERKAN ECZANESİ   |  |
| 6               | SANIYE ECZANESİ         |  |
| 7               | TIJEN ECZANESİ          |  |
| 8               | DAMLA ÇİÇEK ECZANESİ    |  |
| 9               | YENİ ŞANLI ECZANESİ     |  |
| 10              | KÜÇÜK OZAN ECZANESİ     |  |
| 11              | AZİZİYE ECZANESİ        |  |
| 12              | HOŞGÖR ECZANESİ         |  |
| 13              | ZEYTİNLİK ŞİFA ECZANESİ |  |
| 14              | BAKİLER ECZANESİ        |  |
| 15              | ÇARŞI ECZANESİ          |  |
| 16              | YENİ TUNÇAY ECZANESİ    |  |

Sıralamayı Kaydet

### 3.7.2.11. Simülasyon Uygulaması

Rotasyon belirleme aşaması tamamlandığında en iyi rotasyon hafızaya kaydedilir. Simülasyon uygulaması bu sıralamaya göre yapılmaktadır. Simülasyon için gerekli olan veriler şunlardır:

**Depolar:** Depolara ait bilgiler Excel çalışma sayfası ile yüklenir.

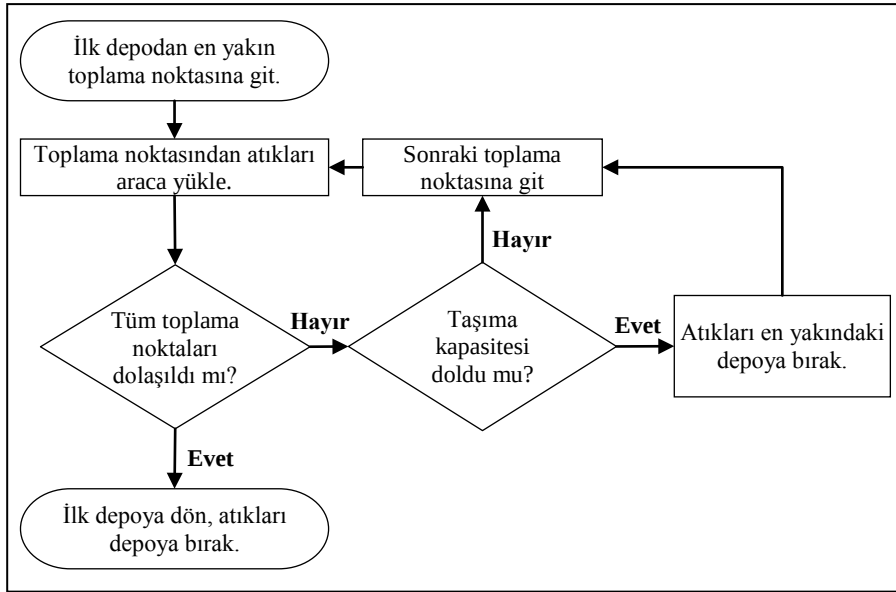
**Taşıma Kapasitesi:** Araçların taşıma kapasitesi kg cinsinden ilgili kutucuğa girilir.

**Harita Payı:** Mesafeler hesaplanırken koordinatlar kullanıldığından iki nokta arasındaki en kısa mesafe doğrusal olarak hesaplanmaktadır. Hâlbuki gerçek dünya şartlarında iki nokta arasında ulaşım mesafesi bundan daha fazladır. Harita payı ile bu fark düzeltilmeye çalışılmakta, gerçeğe daha yakın sonuçlar vermesi amaçlanmaktadır.

**Km Başına Maliyet:** Taşımayı gerçekleştirecek olan aracın bir km mesafede harcadığı yakıt ve gerçekleştirebilecek diğer değişken giderlerin toplam değeridir.

Simülasyon uygulamasına ait ekran görüntüsü Şekil 25'te görülebilir. Simülasyon uygulamasına ait akış diyagramı ise Şekil 24'teki gibidir. Akış diyagramı temel olarak bir aracın ilk depodan en yakındaki toplama noktasından başlayarak bütün atıkları toplaması, taşıma kapasitesi dolduğunda en yakın depoya gitmesi ve bütün toplama noktaları dolaşıldıktan sonra başlangıçta yola çıktığı depoya geri dönmesi şeklindedir. Akış diyagramındaki adımlar takip edilerek gerçekleştirilen simülasyon sonucunda elde edilen veriler listelenmektedir. Şekil 25'te simülasyon sonuçlarının yer aldığı ana bölümde öncelikle temel değişkenler, daha sonra simülasyon hesaplamaları sonucunda elde edilen sonuçlar görülmektedir. Bu bilgiler kat edilen mesafe, toplam maliyet, her bir depoya taşıma sayısı ve depolarda biriken toplam atık miktarlarıdır.

Şekil 24: Simülasyon Akış Diyagramı



Şekil 25: Simülasyon Sonuçlarının Listelenmesi

Rotasyon belirleme ve simülasyon uygulaması sonucunda aracın belirlenmiş tüm noktaları dolaşması koşulu ile en uygun yolun belirlenmesi, maliyetlerin hesaplanması ve çeşitli alternatiflerin gözden geçirilmesi imkânı ortaya çıkmaktadır. Yazılımın sağladıkları maddeler halinde sıralanırsa:

- Araçların dolaşımı için en kısa yolun makul sürede bulunmasını sağlamak: Genetik algoritmanın seçilmesinin temel nedeni kısa zamanda sonuca ulaştırması, uygulamada pratik bir yapıya sahip olmasıdır.
- Kat edilen yolu belirleyip maliyetin hesaplanmasını kolaylaştırmak: Maliyetlerin önceden bilinmesi ve buna göre farklı seçeneklerin gözden geçirilmesi imkânı, yapılacak yatırımlar ve bütçe planlaması için destek niteliği taşımaktadır.
- Çeşitli alternatifler arasında değerlendirme imkânı sunmak. Bu alternatifler aşağıdaki gibidir:

**Taşıma kısıtına göre farklı seçenekler:** Taşıma kısıtının düşük olması, depoya daha sık gidilmesini ve bu sebeple daha fazla yol kat edilmesini gerektiren bir durumdur. Taşıma kısıtı uygulama örneğinde atık taşıma lisansına sahip olmayan araçlar için yasal olarak en fazla 50kg'dır. Bunun gibi, aracın kapasitesine göre de değerlendirme yapılabilir.

**Birden fazla deponun kurulması:** Geçici depo her zaman bir adet olmayabilir. Yeni depoların yerlerinin belirlenmesi için çeşitli depolama alternatiflerinin değerlendirilmesi amacıyla simülasyon uygulamasından yararlanılabilir.

**Toplanan atık ilaç miktarındaki farklılıklar:** Atıklar farklı miktarlarda toplandığında taşıma kısıtına göre farklı noktalardan geçici depoya gidilmesi gerekir. Az miktarda atık ilaç toplanması durumunda daha az sayıda, çok miktarda atık ilaç toplanması durumunda daha sık olarak geçici depoya gidilmesi gerekecektir. Bu da fazladan maliyete neden olmaktadır.

**Daha fazla gönüllünün katılımı:** Projenin öneminin anlaşılması ve halkın bilinçlenmesi sonucu ilerleyen zamanlarda katılımcı sayısında artış meydana gelecektir. Bu durumda yeni yatırım gereksinimleri ve fırsatlar ortaya çıkabileceğinden erken safhada maliyet analizi ve simülasyon uygulamaları geleceğe dönük öngörü olanağı sağlar.

### 3.8. TAŞIMA MODELLERİ

Rotasyon belirleme ve simülasyon uygulaması yapılacak modeller, veriler ve çeşitli varsayımlara göre planlanmıştır. Temel olarak üç farklı taşıma modelinin karşılaştırması yapılacaktır. Buna göre, ilk taşıma modelinde atık taşıma lisansı bulunmayan araç ile tek bir geçici depoya taşıma söz konusudur. İkinci model, atık taşıma lisansı almış bir araca ait modeldir. Bu durumda taşıma kısıtı aracın kapasitesi kadar olacağından geçici depoya uğrama gereksinimi neredeyse hiç olmamaktadır. Bu durumda ortaya çıkan fark geçici depoya uğrama sayısı ve mesafesi ile ortaya çıkmaktadır. Son modelde ise atık taşıma lisansı bulunmayan araçla, fakat bu kez iki farklı depoya taşımaya yönelik model kurulmuştur. İkinci deponun koordinatları örnek olarak verilmiş olup, noktaların yerleşimlerine göre ilk depoya orantılı bir şekilde merkezi bir noktada seçilmiştir. Eczanelere ve depolara ait veriler EK 3'te bulunmaktadır.

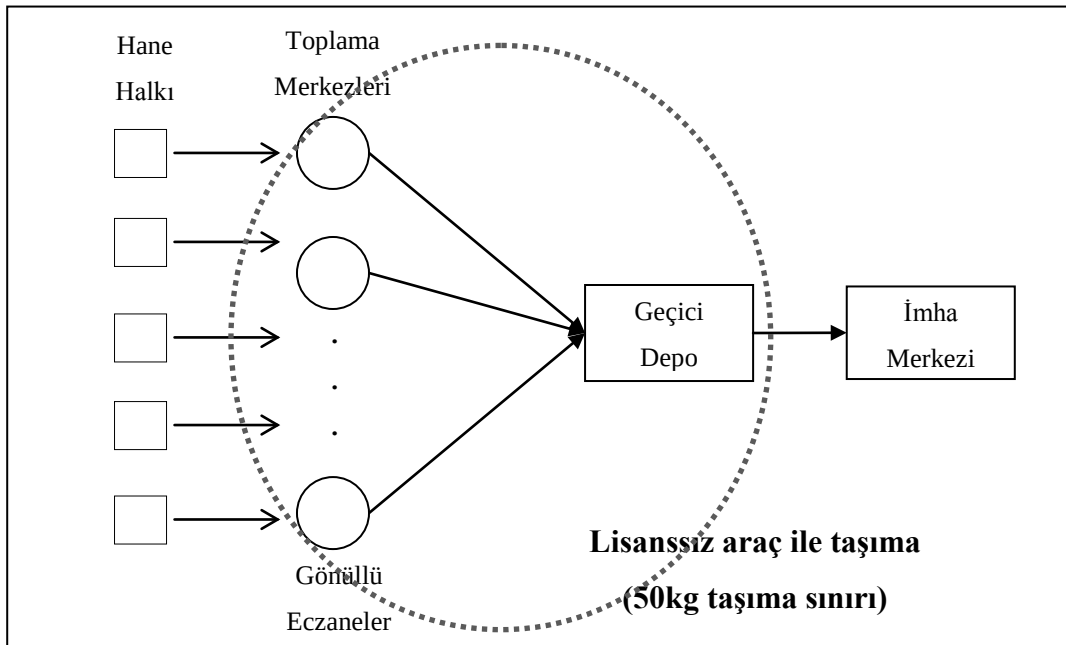
#### 3.8.1. Atık Taşıma Lisansı Bulunmayan Araç İle Taşıma

Bu taşıma modelinde aracın atık ilaç taşıma lisansı olmadığı durum ele alınmaktadır. Atık taşıma tebliğine göre atık ilaç taşıma lisansı bulunmayan araç ile taşıma yapılabilir ancak bunun için 50kg taşıma sınırı bulunmaktadır. Dolayısıyla araçtaki atıklar 50kg ağırlığı geçtiğinde daha fazla atık ilaç alınamayacağı için atık ilaçların geçici depoya bırakılması gerekmektedir. Bu taşıma modeline ilişkin grafiksel gösterim Şekil 26'da yer almaktadır. Modelin kapsamı daire içine alınan kısımdır. Yani eczanelerden geçici depolara kadar taşımayı göstermektedir.

Bu modelin hesaplanabilmesi için öncelikle genetik algoritma ile rotasyon belirleme işleminin yapılması gerekmektedir. Rotasyon belirleme işlemi için hazırlanmış veriler EK 3'te görülebilir. Bu veriler eczanelere ait koordinat bilgilerini ve simülasyon yapılabilmesi için her eczaneden toplanacağı varsayılan atık ilaç miktarını gösterir. Atık ilaç miktarlarının belirlenmesi için ayrıca araştırma yapılması gerekeceğinden, Excel programında rassal bir fonksiyon aracılığı ile eşit olasılıkla 1 ile 4 arasında rasgele sayı türetilmiştir.

Veriler yüklendikten ve rotasyon belirleme işlemi tamamlandıktan sonra simülasyon kısmında hesaplama yapabilmek için en azından bir depoya ait bilgilerin yüklenmesi gerekir. İlk modelde sadece bir depo bulunduğundan, ilk depoya ait bilgiler Excel dosyası ile yüklenir. Belirlenmesi gereken parametreler kısmında, taşıma kapasitesi kısmına “50” yazılır. Bu, aracın en fazla 50kg atık ilaç taşıyabileceğini bildirir. Harita payı %20, km başına maliyet ise 1 para birimi olarak girilmektedir. Harita payı, yolların doğrusal mesafeye göre yaklaşık olarak %20 daha uzun olduklarını ifade eder. Arzu edilen, gerçek mesafelerle hesaplamadır ancak modellerin karşılaştırılması verilerin elde edilmesindeki zorluktan ötürü örnek veriler ve varsayımlar ile karşılaştırma yapılmaktadır.

**Şekil 26:** Lisanssız Araçla Taşıma Modeli



### 3.8.2. Atık Taşıma Lisansı Bulunan Araç İle Taşıma

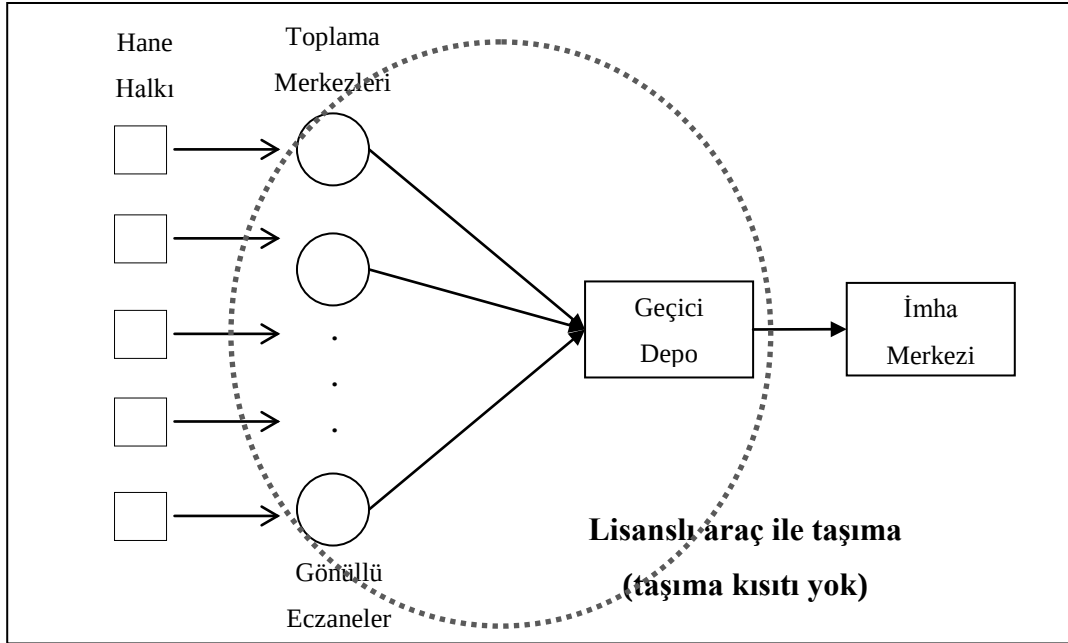
Atık taşıma lisansı bulunmayan araçla atık ilaçların taşınması modelinde 50kg taşıma kısıtı bulunmaktadır. Bu yasal sınırın üzerinde taşıma yapılamamakta, atıkların mecburi olarak geçici depolara bırakılması gerekmektedir. Atık taşıma lisansı bulunan araç ile taşıma modelinde böyle bir kısıtlama olmadığı için sık sık

geçici depoya atık ilaçların bırakılması işlemi gerekmediğinden daha az yol gidilerek zaman ve maliyetten tasarruf edilir.

Bu modelin grafiksel gösterimi Şekil 27’de görülebilir. Model, bir önceki ile hemen hemen aynıdır. Tek fark atık ilaçların eczanelerden geçici depoya toplanmasının lisanslı araçla yapılması söz konusudur.

Modelin hesaplanması için ilk aşama aynı şekilde en kısa yolun bulunmasıdır. Eczanelere ait veriler yüklenir. Rotasyon bulma işlemi tamamlandıktan sonra simülasyon kısmına gelinir. Modelin fark yaratan kısmı araçların taşıma kısıtıdır. Bu yüzden taşıma kısıtına 500 yazılarak hesaplama yapılmaktadır. Bunun anlamı 50kg kısıtının olmadığı, araçların kapasitesi ile sınırlı bir taşıma yapılabileceğidir. Bu durumda geçici depoya mümkün olduğu kadar az uğranacağından izlenecek yol daha kısa olmakta, bu da zaman ve maliyet tasarrufu anlamına gelmektedir.

**Şekil 27:** Lisanslı Araçla Taşıma Modeli



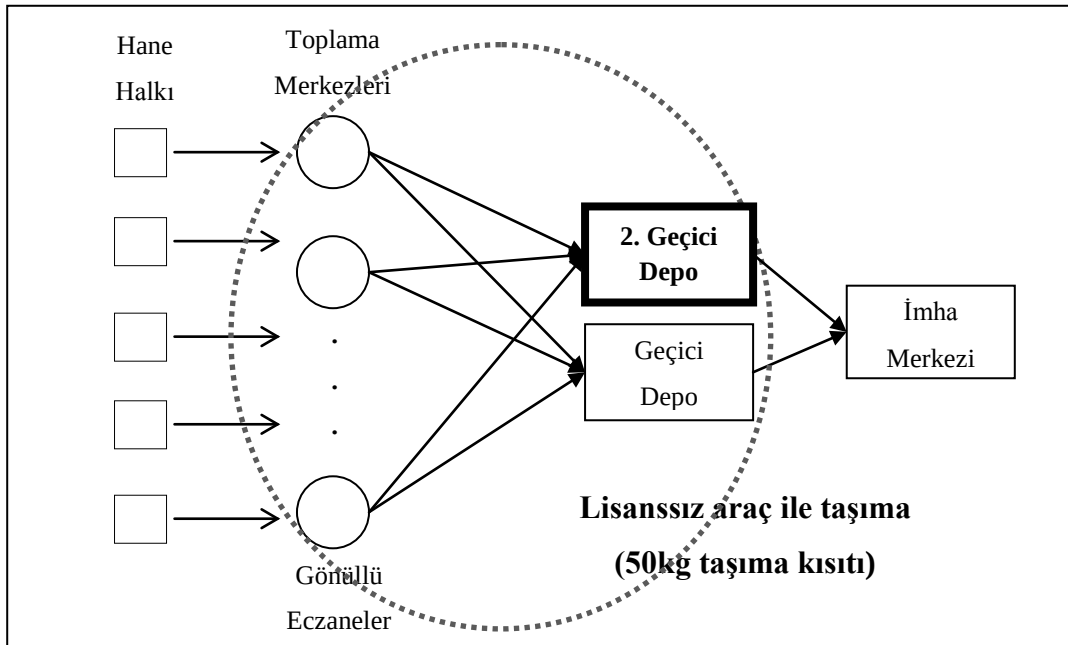
### 3.8.3. İkinci Deponun Eklenmesi

İlk modelde atık ilaçlar lisanssız araçla taşınmakta ve sadece bir tek geçici depo bulunmaktadır. Bir deponun bulunması, taşıma sınırına ulaşıldığında atık ilaçların aynı depoya bırakılacağı anlamına gelir. Yani hangi noktada olursa olsun

her seferinde başlangıçtaki depoya gidilecektir. Geçici deponun yeri oldukça önemlidir. Yüklenen noktalara ait bilgilere göre ilk depo bazı noktalara yakınken diğerlerine uzak kalmaktadır. Bu modelde orantılı olacak şekilde mevcut deponun uzak olduğu noktaların orta noktasına göz kararı örnek ikinci bir depo eklenmiştir. Modelin grafiksel gösterimi Şekil 28’de görülebilir.

Simülasyon sürecinde iki depo bulunması durumunda atık ilaçları toplayan araç taşıma kısıtı dolduğu durumda kendisine en yakın geçici depoya gidecektir. İlk model ile aralarındaki en büyük fark, her seferinde tek bir geçici depoya gitmek yerine yakındaki depoya gitmesi ile oluşan mesafeden kaynaklanmaktadır. Modelin sonuçları, yeni deponun kurulup kurulmaması ya da nereye kurulmasının daha uygun olacağı gibi kararların alınmasında önemli bir göstergedir.

**Şekil 28:** İki Geçici Depo Bulunmasına Yönelik Model



İki depoya ait taşıma modelinin hesaplanabilmesi için ilk iki modeldeki gibi öncelikle rotasyon işlemi tamamlanır. Simülasyon kısmında lisanssız araçla toplandığı için taşıma kısıtı için 50 rakamı girilir. Depoların yüklenmesi işleminde bu sefer iki depo olacağından Excel tablosunun depolar kısmında belirlenmiş ikinci depoya ait bilgiler eklenir.



### 3.8.4. Sonuçların Değerlendirilmesi

Her üç model için 30 kez hesaplama işlemi yapılmıştır. Hesaplama sonuçları EK 4'te yer almaktadır. Rotasyon belirleme işlemi sonucunda ortaya çıkan uygunluk değerleri metre cinsinden listelenmektedir. Buna göre 30 denemenin ortalaması 153.181, standart sapması 1.227 bulunmuştur. Yani bütün noktaların dolaşılması ortalama 153km ve standart sapması 1,2km'dir. Standart sapma, belirlenen rotasyonun %0,8'idir.

Yapılan hesaplamalarda bütün uygunluk değerleri birbirine yakın olmasına rağmen farklılık göstermektedir. Genetik algoritma optimum sonucu garanti etmez fakat optimuma yakın sonuçları garanti eder ve uygulamada da görüldüğü gibi pek çok seçenek çözüm sunar. Genetik algoritmanın avantajlarından biri olan bu durum, çözümde de açıkça görülmektedir.

Rotasyon hesaplama sonuçlarından sonra, modellerin karşılaştırılması simülasyon kısmında farklı veriler girilerek yapılır. Simülasyon, matematiksel model kurulamadığı zaman verilen kararların sonuçlarını görmeyi sağlar. Burada üç farklı model seçeneği için uygulanan farklılıklar, depo bilgileri ve araç taşıma kısıtıdır.

İlk model için sadece ilk depoya ait bilgiler yüklenmiş, taşıma kapasitesi için 50 yazılmıştır. Taşıma kapasitesi sık sık dolduğu için toplam 9 sefer depoya gidilmiştir. Tek bir depo bulunduğundan yakın veya uzak fark etmeksizin her seferinde birinci depoya taşıma yapılmıştır. İlk modelin toplam maliyeti ortalama 340,27 birim, standart sapması ise 7,28'dir. Standart sapmanın toplam maliyete oranı ise %2,1'dir.

İkinci modelde lisanslı araçla taşıma yapılmaktadır. Bir önceki modeldeki gibi tek bir depo yüklenmiş fakat bu sefer taşıma kısıtı için 500 yazılmıştır. Araç yola çıktıktan sonra sadece bir kez taşıma tamamlandığında depoya dönmektedir, yani arada depoya uğramamaktadır. Bu sebeple ilk modelde zorunlu depo ziyaretlerinden tasarruf edilmektedir. Lisanslı araçla taşıma modelinde toplam maliyet 183,93 birim, standart sapması ise 1,50 birim, toplam maliyete oranı ise %0,8 bulunmuştur.

İki deponun bulunduğu son modelde, ilk modelden farklı olarak ikinci depoya ait bilgiler girilmiştir. İkinci depoya yakın noktalarda atık ilaçların bırakılmak üzere bu depoya gidilmesi maliyet avantajı yaratmaktadır. Şöyle ki, bu modelin maliyet

ortalaması 281,97 birim, standart sapması 9,74'tür. Standart sapmanın ortalama maliyete oranı ise %3,5'tir.

Modellerin sonuçlarına göre ikili olarak kıyaslamalar yapılacak olursa şu sonuçlara ulaşılabilir:

- Birinci model ile ikinci model arasındaki ortalama maliyet farkı yaklaşık olarak 156 birimdir. Bu maliyet farkından daha az bir maliyetle sağlanabilmesi durumunda ilaç atıklarının toplanması için lisanslı araç kullanılmalıdır. Eğer bu farkın üzerinde bir maliyet ortaya çıkacaksa mevcut model ile taşıma devam etmelidir.
- Birinci model ile üçüncü model arasında ortalama maliyet farkı yaklaşık olarak 58 birimdir. Bu sonuç ikinci deponun kurulduğu yerle doğrudan ilgilidir. O yüzden, ikinci depoya ait bilgilerde yer alan koordinatta bir depo kurulmak isteniyorsa maliyetinin 58 birimden daha az olması beklenir. Aksi takdirde taşıma maliyetini artıracığından kurulmaması daha uygun olur. Başka bir noktada deponun kurulması alternatifi için aynı hesaplamalar yeni alternatiflere göre yapılmalıdır.

Üç farklı modelin yer aldığı hesaplamalarda taşıma modeli ile ilgili karara varabilmek için aşağıdaki değişkenler kesin olarak bilinmelidir:

- Eczanelerde toplanacak ilaç miktarları,
- Eczaneler ve depolar arası gerçek mesafeler,
- Yeni kurulması düşünülen depoların koordinatları,
- Uzun vadede katılacağı varsayılan eczanelere ait bilgiler.

Bu bilgiler elde edildiğinde ileriye dönük yatırım kararlarındaki isabet oranı artacaktır. Aksi takdirde çok net bir sonuç olmayacağından risk düzeyi artar. Eczanelerde toplanacak ilaç miktarının belirlenmesi için halka anket yapılması, tanıtım faaliyetlerinden geri bildirimler ve eczacıların görüşleri değerlendirilebilir. Eczaneler ve depolar arasındaki gerçek mesafeler için bu mesafeleri hesaplayabilen bir diğer yazılımdan destek alınması gerekir. Hâli hazırda pek çok navigasyon yazılımı bunu kolaylıkla yapabilmektedir. İki yazılı arası entegrasyon yapılarak bu gereksinim karşılanabilir. Yeni kurulması düşünülen depoların koordinatları ise yöneticilerin düşündüğü alternatifler ile ilgilidir. Bu noktada yapılacak olan şey, her alternatifin sırasıyla yazılımda test edilmesidir. Katılacağı varsayılan eczanelere ait

bilgiler de son derece önemlidir. Eczanelerin sayısında artış olması, yukarıda hesaplanan rakamların daha fazla çıkmasına neden olacağı için farklı kararlara yol açacaktır. Bu durumda örneğin; ikinci deponun kurulması maliyeti 58 birimden çok daha fazla olsa da kabul edilebilir seviyede olacaktır.

Sonuç olarak her üç modelde de farklı taşıma alternatifi yer almakta, buna göre farklı maliyetlere neden olmaktadır. Ancak temel olarak üçü de genetik algorithmadan yararlanılarak çözülmüş, simülasyon sonuçları buna göre hesaplanmıştır. Genetik algoritma her ne kadar kesin sonuçlar ortaya koymuyorsa da optimuma yakın farklı seçenekler sunduğu için simülasyon uygulamasında da bu seçeneklere göre değerlendirme imkânı ortaya çıkmıştır. Yukarıda bahsedilen verilerin doğru belirlenmesi durumunda genetik algoritma temeline dayalı bu yöntem, alternatif taşıma modellerinin karşılaştırılması için yöneticilere hızlı ve pratik bir yol gösterici niteliğine sahip bulunmaktadır.

## SONUÇ

İşletmeleri tersine lojistik faaliyetlerine yönelten temel konular çevresel kaynaklı meselelerdir. Bunun yanında, tersine lojistik sayesinde elde edilen gelirler ekonomik açıdan cazip olmakta, kimi zaman da yasal zorunluluklardan ötürü tersine lojistiğin önemi artmaktadır.

Tersine lojistik, ekonomik açıdan çeşitli yönlerden kazanç sağlamaktadır. Bu kazanç, geri dönen ürünlerin sağladığı kârlılık olabileceği gibi işletmenin imajının iyileştirilmesi ile elde edilen dolaylı bir kazanç olabilir. Sosyal sorumluluk olarak nitelendirilen girişimlerin pek çoğu işletmelerin insanların gözünde değer kazanmasını sağlamaktadır. İşletmelerin sağlıklı bir toplumda, kaynakların etkin kullanıldığı bir çevrede bulunması da ayrıca dolaylı olarak kazanç getirmektedir.

İşletmeleri tersine lojistiğe yönelten sebeplerden bir diğeri de yasal zorunluluklardır. Yasalar çevreyi, insanları ve kaynakları korumak için oluşturulmuş çeşitli kurallar bütünüdür. Buna, bazı sektörlerdeki üreticilerin ürünlerinin belli bir yüzdesini geri alma zorunluluğu örnek olarak gösterilebilir. Bu gibi yasal düzenlemeler özellikle sürdürülebilirlik açısından son derece önemlidir. Sürdürülebilirlik; mevcut ihtiyaçların, gelecekteki ihtiyaçların karşılanmasını engellemeyecek şekilde, kaynakların en az kullanımı ile karşılanması temeline dayanır.

Kaynakların etkin kullanılması adına yapılabilecek şeylerden bir diğeri de ürünlerin bileşiminde geri dönüşüm oranı yüksek olan malzemelerin kullanılmasıdır. Bu sayede atık miktarı en az düzeye indirilebilmekte, bazen de neredeyse hiç atık ortaya çıkmamaktadır. İdeal olanı, ürünlerin %100 geri kazanılabilir malzemelerden yapılmasıdır.

Tersine lojistik, lojistik sürecinde ortaya çıkabilecek herhangi bir geri dönüşü kapsar. Bu geri dönüşler, ürünlerin müşterilere ulaştırıldıktan sonraki dönüşleri olabileceği gibi, üretim sürecinde de ortaya çıkabilmektedir. Şöyle ki, üretimde kalite kontrolünden geçememiş yarı mamuller tüketicilere kadar ulaştırılmayacak, bulundukları noktadan geriye doğru yönlendirileceklerdir. Tersine lojistik ağının buna uygun tasarlanması işletmelere avantaj sağlar.

Tersine lojistik ile ileri lojistik birbirine benzese de aralarında çok önemli farklar vardır. Bu farklardan en önemlisi tersine lojistiğe konu olan ürünlerin az miktarda, düzensiz, standart olmayan yapısıdır. Tersine lojistik bilgi sistemlerinin oluşturulması bu sebeple daha zordur. İleri lojistikte talep daha belirginken, tersine akışa konu olan ürünlerin ne zaman ve ne miktarda ortaya çıkacakları belirsizdir. Bu sebeple ortaya çıkacak maliyetlerin hesaplanması da ileri lojistiğe göre daha karmaşık ve maliyetleri daha gizlidir.

Tersine lojistikte ürünlerin niteliklerine göre ayrıştırma işlemleri yapılmaktadır. Ayrıştırma, her bir üründen en yüksek faydayı sağlayacak geri kazanım seçeneğine yönlendirilmesini sağlar. Geri kazanım seçenekleri maliyet ve uygulanan işlemler açısından farklılık gösterirler. En az maliyetli onarım seçeneği, hatalı parçanın onarılması işlemini ifade eder. Yenileme, eskimiş, demode olmuş ürünlerin yeni ürünlerle aynı kalite seviyesine yükseltilmesi işlemidir. Yenileme ayrıca gelişen teknolojik koşullara uyum sağlaması için ürünlerin daha yeni teknolojiye sahip parçalarla yenilenmesini de kapsamaktadır. Ürün yamyamlaştırma, geri kazanıma konu olan ürünlerin bileşenlerin diğer ürünlerin geri kazanımı için kullanılmasıdır. Yani geri kazanılan ürün artık bir bütün halinde kullanılmamakta, işe yarar parçaları sökülerek diğer geri kazanım seçeneklerinde kullanılmaktadır. Bir diğer geri kazanım seçeneği geri dönüşümdür. Geri dönüşümde ürünü oluşturan parçalar yapısal olarak bozulurlar ve sadece parçayı oluşturan hammadde olarak kullanılırlar. Örneğin plastik şişe üreten fabrikaların kullanılmış plastikleri eritip üretimde kullanmaları geri dönüşümü ifade eder.

Herhangi bir geri kazanım seçeneğine sahip olmayan ürün bileşenleri imha edilirler. İmha işlemi de birkaç farklı şekilde yapılmaktadır. Bu ayırım atıkların tehlikeli olup olmadıklarına göre farklılık göstermektedir. Bunun için yakma, gömme veya çöpe atma gibi seçenekler mevcuttur. Atıkların tehlikeli olup olmadıkları yasalarca belirtilmekte, atıkların usulüne uygun bertaraf edilmemesi koşulunda da çeşitli cezalar uygulanmaktadır.

Tersine lojistik ve atık bertarafına en çok ihtiyaç duyulan ve uygulamaların yeteri kadar bulunmadığı alanlardan biri evsel ilaç atıklarıdır. Bu tezde üzerinde araştırma yapılan konu İzmir ilinde evsel ilaç atıklarının toplanması projesidir. Evsel ilaç atıkları, hane halkı tarafından kullanılmayan veya zamanı geçmiş ilaçlardır. Bu

ilaçların çöpe atılması veya kanalizasyona karışması ile doğa zarar görmekte, deniz canlıları ve dolayısıyla insanlar etkilenmektedir. Bir hane için az miktarda olduğu düşünülen fakat birikmesi halinde çok büyük miktarlara ulaşan evsel ilaç atıkları, kolayca fark edilemeyen çok küçük zerreler halinde doğaya karıştıkları için tehlikeleri daha da artmaktadır. Bu tehlikelerin önüne geçilebilmesi için öncelikle halkın bilinçlendirilmesi ve eğitilmesi gerekmektedir. Çevreye yönelik bilincin geliştirilmesi ve doğanın diğer tüm canlıların hayatlarını sürdürebilmeleri için zorunlu bir ihtiyaç olduğunun farkına varılması gerekmektedir. Ancak bundan sonra bu tip projelerin başarıya ulaşması beklenebilir.

Tezin araştırma konusu olan evsel ilaç atıklarının toplanması projesi, Türkiye’de bu konudaki ilk uygulama olarak İzmir Kalkınma Ajansı’nın desteğini kazanmış bir projedir. Birçok kişi ve kuruluşun desteği ile yürütülen proje hane halkının atık ilaçları eczanelere bırakması ile başlayan bir tersine lojistik ağını izlemektedir. Eczaneler, ÇEKOOP üyesi gönüllü eczaneler olup, her birinde ilaçların konulabileceği bir konteynır bulunmaktadır. Bu konteynırda toplanan ilaçlar, EDAK aracı vasıtasıyla toplanıp geçici depolama merkezine taşınmaktadır. Buca belediyesi tarafından tahsis edilen geçici depolama merkezi 300 metre karelik bir alana sahiptir. Atık ilaçlar burada ayrıştırıldıktan sonra atıklar lisanslı araçlar ile atık imha merkezine gönderilmektedir.

Tezin araştırması gönüllü eczanelerde toplanan evsel ilaç atıklarının eczanelerden geçici depoya taşınması aşamasını kapsamaktadır. Eczanelerin sayılarının fazla olması, rotasyon belirleme zorunluluğunu doğurmaktadır. Bu da literatürde gezgin satıcı problemi olarak bilinen problemi oluşturur. Gezgin satıcı probleminde her bir noktaya bir kere uğramak koşulu ile bütün noktaların minimum maliyet veya en kısa mesafede dolaşılması sorunu bulunmaktadır.

Gezgin satıcı probleminin çözümü için çeşitli çözüm yöntemleri vardır. Bu problemin kesin sonuç veren optimizasyon yöntemleri ile çözülmesi çok zaman almaktadır. Bu yüzden sezgisel algoritmalar genetik algoritmalar kullanılmıştır. Genetik algoritma, örnek uzayda arama yaparak çözüm bulunmasını sağlayan bir sezgisel algoritmadır. Evrim teorisini esas alan genetik algoritmalarda öncelikle bir çözüm kümesi oluşturulur. Çözüm kümesi birbirinden farklı çeşitli çözümlerden oluşmaktadır. Her bir çözüm bir kromozom olarak isimlendirilir ve permütasyon

kodlama ile kodlanmış rotasyona ait sıralamayı temsil eder. Popülasyonu oluşturan bu kromozomlar, ikişer ebeveyn şeklinde seçilir. Seçilen kromozomlardan bir çaprazlama yöntemi ile yeni kromozomlar yani çocuklar üretirler. Yeni kromozomlar popülasyona dâhil edilir, aynı sayıda kötü değere sahip kromozom çözümden çıkarılır. Bu sayede popülasyonda bulunan kromozom sayısı nesilden nesile gidildikçe değişiklik göstermez.

Bahsedilen döngü, sonlandırma koşulu karşılanıncaya kadar devam eder. Amaç her yeni nesilde daha iyi kromozomlar elde etmek, yani daha iyi değere sahip rotasyona doğru ilerlemektir.

Genetik algoritma, sezgisel bir algoritmadır ve optimum sonucu garanti etmez, ancak optimuma yakın çözümleri garanti eder. Ancak genetik algoritmanın dezavantajlarından biri yerel optimumları aramada iyi olmamalarıdır. Bunun için 2-Opt yerel arama metodu kullanılmıştır. Bu yerel arama metodunun da dezavantajı yerel minimumlara takılmaların meydana gelebilmesidir. Bu yüzden genetik algorithmada “Açgözlü Altıur Çaprazlama” yöntemi ile çaprazlama işlemi yapılmaktadır. Böylece her iki yöntemin dezavantajı ortadan kalkar. Genetik algoritma ile 2-Opt metodunun birlikte kullanılması ile daha etkin sonuçlar alınan melez genetik algoritma elde edilmektedir.

Evsel ilaç atıklarının toplanması projesine ait tersine lojistik sürecinde genetik algoritmaların kullanılması için bir masaüstü yazılım tasarlanmıştır. Bu yazılım temel olarak iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda genetik algoritma ile rotasyon belirleme işlemi yapılmakta, ikinci kısımda ise bir akış diyagramına göre kodlanan simülasyon hesaplaması yapılmaktadır.

Rotasyon belirleme işlemi, eczanelere ait verilerin bulunduğu Excel dosyası ile programa yüklenmektedir. Bu dosyada; eczanelerin isimleri, koordinatları ve toplanacağı varsayılan ilaç miktarları yer almaktadır. Koordinatlar bir web uygulaması yardımıyla elde edilmiştir. Eczanelerden toplanacağı varsayılan ilaç miktarları da simülasyon işleminde kullanılmaktadır. Bu miktarlar için gerçek rakamlara ulaşma güçlüğünden ötürü Excel programının rassal sayı üretme fonksiyonu kullanılarak 1 ile 4 arasında rassal sayılar üretilmiştir. İlgili verilere ekler kısmından ulaşılabilir.

Maliyet minimizasyonu amaçlandığı için rotasyonda kat edilen mesafenin hesaplanması gerekmektedir. Bunu sağlamak için her bir rotasyonda ardışık noktalar arasındaki mesafeler toplanarak uygunluk değeri bulunmaktadır. Daha düşük uygunluk değerine sahip kromozom daha iyi olarak görülmekte, seçim, çaprazlama ve sıralama gibi işlemler bu uygunluk değerleri ile yapılmaktadır.

Yazılımın ilk kısmında yapılan rotasyon belirleme işlemlerinden sonra ikinci kısımda simülasyon uygulanmaktadır. Simülasyon, aracın ilk depodan genetik algoritma ile tespit edilmiş en kısa yol üzerinden yola çıkması, eczanelerden söz konusu atık ilaçları toplaması, taşıma sınırına ulaşınca atıkların en yakın depoya bırakılıp yola devam edilmesi ve tüm eczaneler dolaşıldıktan sonra ilk depoya dönülmesi şeklinde gerçekleşmektedir.

Araştırmanın yapılması için üç farklı model geliştirilmiştir. İlk modelde taşıma 50kg taşıma sınırı bulunan araçlarla yapılır. İkinci modelde taşıma sınırı bulunmayan, yani atık taşıma lisansı bulunan araç ile taşıma yapılır. Son modelde ise yine 50kg taşıma sınırı bulunan araçla taşıma yapılır fakat bu modelde ikinci bir depo bulunmaktadır.

Üç modelin karşılaştırılması için yazılımda 30 hesaplama yapılmıştır. Genetik algoritma ile yapılan rotasyon belirleme işleminde en iyi uygunluk değerlerinin ortalaması 153.181 standart sapması ise 1.227 bulunmuştur. Standart sapmanın toplam uygunluk değeri ortalamasına oranı %0,8'dir. Optimum sonuca ulaşma garantisi vermese de genetik algoritma ile düşük sapma oranına sahip sonuçlara ulaşıldığı söylenebilir. Alternatif yolların elde edilmek istendiği durumlarda ise bu yöntemin tek sonuç veren yöntemlere göre üstün olduğu açıkça görülmektedir.

Modellere ait parametrelerle yapılan hesaplamalar sonunda ise ilk modele ait toplam maliyet ortalaması 340,27 birim, 30 farklı maliyetin standart sapması 7,28'dir. Standart sapmanın toplam maliyete oranı %2,1 bulunmuştur. İkinci model, yani lisanslı araçla taşıma modelinde toplam maliyet 183,93, standart sapma 1,5, standart sapma oranı ise %0,8 bulunmuştur. İkinci deponun eklendiği modelde ise maliyet ortalaması 281,97, standart sapma 9,74 ve standart sapmanın oranı ise %3,5 bulunmuştur.

Hesaplama sonuçlarına göre en yüksek maliyetli taşıma modeli ilk model, en düşük maliyetli taşıma modeli ise ikinci, yani atık taşıma lisansına sahip araç ile



taşınması durumunda söz konusudur. Maliyetlerin gerçek verilerle hesaplanması durumunda aradaki farklar yöneticiler için stratejik kararlar alınmasında yardımcı olabilecek niteliktedir.

Bundan sonraki çalışmalar için öneriler ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Hesaplamaların gerçek mesafelerle yapılması: Maliyetlerin doğru şekilde hesaplanması için muhakkak gerçek mesafelerin tespit edilmesi gerekir. Bu tezde yapılan araştırmada gerçek değerlere ulaşma güçlüğünden dolayı gerçeğe yakın olması amacıyla doğrusal mesafelere harita payı adında bir oran eklenerek hesaplama yapılmıştır. Ancak gerçek değerler yolların durumuna göre belirli bir yüzdenin çok daha üzerinde olabilir. Bu, maliyetleri doğrudan etkileyecektir. İki nokta arasındaki en kısa gerçek dünya mesafesini hesaplayabilen yazılımlar yardımı ile bu mesafeler elde edilebilir. Ancak çok sayıda mesafe gerektiği için hesaplamaların zaman almaması açısından iki yazılımın entegre çalışması daha uygun olacaktır.
2. Eczanelerde toplanabilecek atık ilaç miktarları ile ilgili araştırma yapılması: Eczanelerden ne kadar miktarda atık ilaç toplanacağı, taşımanın maliyetini etkilemektedir. Daha fazla miktarda atık ilaç toplanması, geçici depoya daha fazla uğranmasını gerektirdiği için kat edilen mesafe artmaktadır. Aynı şekilde daha az atık ilaç toplandığında ise geçici depoya daha az gidilmesi gerekmektedir. Bu konuda yapılacak araştırma, hesaplamaların doğruluğunu artıracaktır.

Bu tezde geliştirilen yazılım ile genetik algoritmaların evsel ilaç atıklarının toplanması projesinin iyileştirilmesinde kullanılması araştırılmış, üç farklı model üzerinde simülasyon aracılığı ile hesaplama yapılmıştır. Genetik algoritmanın etkin olarak kullanıldığı bu çalışmada, simülasyonla desteklenen hesaplamaların tam ve doğru verilerle yapılması sağlandığında etkin sonuçlar alınabileceği söylenebilir. Yapılan araştırmanın daha sonraki çalışmalar için yol gösterici olması beklenmektedir.

## KAYNAKÇA

Abahussain, E. A., Ball, D. E. ve Matowe, W. C. (2006). Practice and Opinion towards Disposal of Unused Medication in Kuwait. *Medical Principles and Practice*. 15: 352-357.

Abahussain, E. A. ve Ball, D. E. (2007). Disposal of Unwanted Medicines from Households in Kuwait. *Pharmacy World and Science*. 29: 368-373.

Akçadağ, M. (2010). *İlaç Sektöründe Tüketicinin Sağlık Güvenliğinin Korunması Açısından Lojistik Faaliyetler ve Bir Uygulama*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Niğde: Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Altay, A. (2007). *Genetik Algoritma ve Bir Uygulama*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Altekin, F. T. (2005). *Profit Oriented Disassembly Line Balancing*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Amelia, L., Wahab, D. A., Haron, C. H. C., Muhamad, N. ve Azhari, C. H. (2009). Initiating Automotive Component Reuse in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 17: 1572-1579.

Arslan, A. (2007). *İlaç ve Tıbbi Malzeme Lojistiği ve Bir Uygulama*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Atay, O. (2001). Sağlıkta İlacın Yeri ve Sorunları. *Yeni Türkiye Dergisi*. Sağlık Özel Sayısı, Sayı: 40, 2001.

Atık İlaç Hareketi. *Resmi Web Sitesi*. <http://atikilac.com>, (23.06.2012).

Aytekin, M. A. ve Kalaycı, T. E. (2010). Gezgin Satıcı Probleminin İkili Kodlanmış Genetik Algoritmalarla Çözümünde Yeni Bir Yaklaşım. *Muğla Üniversitesi Akademik Bilişim Konferansı*. Şubat 10-12, Muğla.

Baki, B. (2002). Üretim ve Lojistiğin Benzerlikleri ve Farklılıkları. *3D Lojistik Dergisi*, İstanbul.

Baki, B. (2004). *Lojistik Yönetimi ve Lojistik Sektör Analizi*. Trabzon: Lega Kitabevi.

Beşli, S. (2004). *Lojistik*. Ankara: İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi.

Bolat, B. (2006). *Asansör Kontrol Sistemlerinin Genetik Algoritma ile Simülasyonu*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bras, B. ve McIntosh, M. W. (1999). Product, Process, And Organizational Design for Remanufacture - An Overview Of Research. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*. 15: 167-178.

Brito, M. P. ve Dekker, R. (2002). Reverse Logistics – A Framework. *Econometric Institute Report EI 2002-38*. Erasmus University Rotterdam, the Netherlands.

Brito, M. P. ve Dekker, R. (2003). *A Framework for Reverse Logistics*. Erasmus Research Institute of Management Report Series, Research in Management.

Canıtez, M. ve Tümer, G. (2005). *İhracat ve İthalatta Lojistik*. Gazi Kitabevi.

Cevre, U., Özkan, B. ve Uğur, A. (2007). Gezgin Satıcı Probleminin Genetik Algoritmalarla Eniyilemesi ve Etkileşimli Olarak İnternet Üzerinde Görselleştirilmesi. *Türkiye'de İnternet Konferansları*. Kasım 30-Aralık 2, İzmir.

Chan, F. T. S., Chung, S. H. ve Wadhwa, S. (2005). A Hybrid Genetic Algorithm for Production and Distribution. *Omega*. 33(4): 345–355.

Chen, T. ve Chen, C. (1997). Improvements of Simple Genetic Algorithm in Structural Design. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 40: 1323-1334.

Croes, G. A. (1958). A Method for Solving Traveling Salesman Problems. *Operation Research*. 6(6): 791-812.

Çancı, M. ve Erdal, M. (2003). *Lojistik Yönetimi, Freight Forwarder El Kitabı 1*. İstanbul: UTİKAD Yayınları.

Çekerol, G. S. (2013). *Lojistik Yönetimi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.

Daughton, C. G. (2003). Cradle-to-Cradle Stewardship of Drugs for Minimizing Their Environmental Disposition While Promoting Human Health. *II. Drug Disposal, Waste Reduction, and Future Directions*. Environmental Health Perspectives. 111(5): 775-785.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT). (2007). *Dokuzuncu Kalkınma Planı 2007-2013*. İlaç Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Ankara.

Drake, A. A. (2008). *Policy Options for the Collection and Disposal of Household Pharmaceuticals*. (Unpublished Master Dissertation). USA: Tufts University Urban and Environmental Policy and Planning.

EDAK Ecza Kooperatifi. (Nisan 2010). *Gazete EDAK: EDAK Ecza Kooperatifi Kurum Haberleri*. [http://www.edak.org.tr/v1/dosyalar/gazeteedak/sayi\\_57.pdf](http://www.edak.org.tr/v1/dosyalar/gazeteedak/sayi_57.pdf), (07.02.2013).

Elbirlik, G. (2008). *Türk Lojistik Sektöründe Denizyolu Taşımacılığının Önemi ve Sorunları*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Fidaner, C. (2001). Sağlıkta Reform: Yeni Binyıl, Eski Sistem. *Yeni Türkiye Dergisi, Sağlık Özel Sayısı*. Sayı: 40, 2001.

Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van Der Laan, E., Van Nunen J. A. E. E. ve Van Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative Models For Reverse Logistics: A review. *European Journal of Operational Research*. 103(1): 1-17.

Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R. ve Flapper, S. D. P. (2000). A Characterisation of Logistics Networks for Product Recovery. *Omega*. 28: 653-666.

Google Haritalar. <http://maps.google.com>, (22.04.2012).

Gungor, A. ve Gupta, S. M. (1999). Issues in Environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery: A Survey. *Computers & Industrial Engineering*. 36: 811-853.

Gupta, S. M. ve Imtavanich, P. (2009). Evolutionary Computational Approach for Disassembly Sequencing in a Multiproduct Environment. *Biomedical Soft Computing and Human Sciences*. 15(1): 73-78.

Gupta, S. M., Imtavanich, P. ve Nakashima, K. (2009). Using Neural Networks to Solve a Disassembly-to-Order Problem. *Biomedical Soft Computing and Human Sciences*. 15(1): 67-71.

Güneş, A. (2010). *İlaç Sektöründe Atık Yönetimi ve Geri Dönüşüm İçin Tersine Lojistik Ağ Modeli*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Haupt, R. L. ve Haupt, S. E. (2004). *Practical Genetic Algorithms*. Canada: A John Wiley & Sons, Inc., Publication. Second Edition.

Hillegersberg, H. J. V., Zuidwijk, R., Nunen, J. V. ve Eijk, D. V. (2001). Supporting Return Flows in the Supply Chain. *Communications of the ACM*. 44(6): 74-79.

Huanga, G. Q., Zhanga, X. Y. ve Liangb, L. (2005). Towards Integrated Optimal Configuration of Platform Products, Manufacturing Processes, and Supply Chains. *Journal of Operations Management*. 23: 267–290.

Işık, Y. (2006). *Genetik Algoritma Tabanlı Bulanık Kontrolün Uçuş Kontrol Sistem Tasarımına Uygulanması*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi (İGEME). (2004). *İhracatta Pratik Bilgiler*. Ankara: Lojistik Yayını, Hazırlayan Süleyman Beşli.

İlaç Endüstrisi İşveren Sendikası. <http://www.ieis.org.tr>, (29.10.2012).

İlikhan, Ö. (18.05.2010). *C# & VB.Net / GPS Koordinatları Verilen İki Nokta Arası Uzaklık*. <http://www.yazgelistir.com/makale/gps-koordinatlari-verilen-iki-nokta-arasi-uzaklik>, (29.05.2012).

Kahvecioğlu, A. (2004). Onarılabılır Elemanlara Önleyici Bakımın Etkisi ve Optimizasyonu. Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi, TMMOB Mak. Müh. Odası, 343-354, Denizli.

Karaçay, G. (2005). Tersine Lojistik: Kavram ve İşleyiş. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 14 (1): 317-332.

Karaduman, İ. (2009). *Stratejik Tedarik Zinciri Yönetimi'nde Bilişim Teknolojileri'nin Kullanımı: Perakendecilik Sektöründe Bir Uygulama*.

(Yayınlanmamış Doktora Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Karbeyaz, E. (2010). *How to Accomplish Safe and Proper Unwanted Pharmaceutical Disposal Programs That are Risk Preventive and Can Be Implemented by Local Communities*. United States: University of Massachusetts Lowell. Department of Work Environment Capstone Report.

Karova, M., Smarkov, V. ve Penev, S. (2005). Genetic Operators Crossover and Mutation in Solving the TSP Problem. *International Conference on Computer Systems and Technologies CompSysTech 2005*. ss.2-7.

Keskin, M. H. (2006). *Lojistik-Tedarik Zinciri Yönetimi*. Nobel Yayınları, Ankara.

Kim, K., Song, I., Kim, J. ve Jeong. B. (2006). Supply Planning Model for Remanufacturing System in Reverse Logistics Environment. *Computers & Industrial Engineering*. 51: 279-287.

Koban, E. ve Keser, H. Y. (2007). *Dış Ticarete Lojistik*. Bursa: Ekin Basın Yayın Dağıtım.

Kobu, B. (2003). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: Avcıol Basım Yayın, 11. Baskı.

Kongar, E. ve Gupta, S. M. (2006). Disassembly to Order System under Uncertainty. *Omega*. 34(6): 550-561.

Kurt, M. ve Semetay, C. (2001). Genetik Algoritma ve Uygulama Alanları. *Makine Mühendisleri Odası Dergisi*. Ekim, 2001.

Larranaga, P., Kuijpers, C. M., Murga, R. H., Inza, I. ve Dizdarevic, S. (1999). Genetic Algorithms for the Travelling Salesman Problem: A Review of Representations and Operators. *Artificial Intelligence Review*. 13(2): 129-170.

Lin, C. H. ve Hu, J. W. (2008). A Genetic Algorithm with Priority Selection for the Traveling Salesman Problem. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 42: 465-475.

Min, H., Jeung Ko, H. ve Seong Ko, C. (2006). A Genetic Algorithm Approach to Developing the Multi-Echelon Reverse Logistics Network for Product Returns. *Omega*. 34(1): 56-69.

Mitchell, M. (1998). *An Introduction to Genetic Algorithms*. USA: MIT Press.

Mitchell, M. ve Taylor, C. E. (1999). Evolutionary Computation: An Overview. *Annual Review of Ecological Systems*. 30: 593-616.

Orhan, O. Z. (2003). *Dünyada ve Türkiye’de Lojistik Sektörünün Gelişimi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İTO Yayınları.

Özçelikay, G. ve Tekiner, H. (2007). *Türkiye’de Eczacılık İnsan Gücünün Değerlendirilmesi ve Eczane Dağılımları*. Ankara: Türk Eczacıları Birliği Eczacılık Akademisi Yayını.

Özdemir, A. İ. (2004). Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. Sayı: 23, Temmuz-Aralık.

Özkan, B. (2008). *Dinamik Gezgin Satıcı Probleminin Çözümü İçin Bir Eniyileme Kütüphanesinin Tasarımı ve Görsel Yazılım Geliştirme Ortamı İle Birlikte Gerçekleştirimi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özkan, K. (2008). *Türkiye’de İlaç Satış Tahmini Araştırması*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.



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

Pokharel, S. ve Muthab, A. (2009). Perspectives in Reverse Logistics: A review. *Resources, Conservation and Recycling*. 53: 175–182.

Polat, A. (2006). *Kafes Sistemlerin Genetik Algoritma İle Çok Amaçlı Optimizasyonu*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Potvin, J. Y. (1996). Genetic Algorithms for the Traveling Salesman Problem. *Annals of Operations Research*. 63: 339-370.

Ratliff, H. D. ve Nulty, W. G. (1996). Logistics Composite Modeling. *The Planning and Scheduling of Production Systems*. (ss.10-53). ABD: Institute at Georgia Tech.

Ravi, V., Shankar, R. ve Tiwarib, M. K. (2005). Analyzing Alternatives in Reverse Logistics for End-of-Life Computers: ANP and Balanced Scorecard Approach. *Computers & Industrial Engineering*. 48: 327–356.

Rogers, D. S. ve Tibben-Lembke, R. S. (1998). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. Pittsburgh, PA: Reverse Logistics Executive Council.

Sansarcı, E., Bayraktar, D., Aktel, A. ve Çelebi, D. (2009). Gezgin Satıcı Problemi İçin Bir Memetik Algoritma Önerisi. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29. Ulusal Kongresi*. Ankara. 22-24 Haziran 2009.

Schilt, H. (2006). *Herkes İçin C# 2.0*. İstanbul: Alfa Yayınları.

Sengoku, H. ve Yoshihara, I. (1998). A Fast TSP Solver Using GA on JAVA. *Third International Symposium on Artificial Life, and Robotics (AROB III'98)*. Japan. ss.283-288.

Seyhan, S. (2006). Chronology of Turkey's Pharmaceutical Industry and its Outlook for the Future. *Pharmaceutical Engineering*. May/June. ss.77-82.

SIGRE - Medicamento y Medio Ambiente Reciclamos Los Medicamentos. <http://www.sigre.es>, (07.02.2013).

Singh, M. P., Singh, A., Alam, G., Patel, R. ve Datt, N. (2012). Safe Management of Household Pharmaceuticals: An Overview. *Journal of Pharmacy Research*. 5(5): 2623-2626

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

Sundin, E. (2004). *Product and Process Design for Successful Remanufacturing*. (Unpublished Doctoral Dissertation). Linköping, Sweden: Linköping University Department of Mechanical Engineering.

Şen, Z. (2004). Genetik Algoritmalar ve Eniyileme Yöntemleri. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.

Tanyaş, M. (2002). Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi. *3gen Dergisi*. Sonbahar 2002: 23-28.

Taşkın, E. (2004). *Satış Yönetimi Denetimi ve Türkiye’de Uygulaması*. İstanbul: Kazancı Kitap.

Tek, Ö. B. ve Karaduman, İ. (2012). *Lojistik Yönetimi: Tedarik Zinciri Bakış Açısıyla Küresel Yönetimsel Yaklaşım Türkiye Uygulamaları*. İzmir: İhlas Gazetecilik A.Ş.

Tenekecioğlu, B. (2004). *Pazarlama Yönetimi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.

Teunter, R. H. (2001). Economic Ordering Quantities for Recoverable Item Inventory Systems. *Naval Research Logistics*. 48: 484-495.

TibbiMumessil.Com: Tıbbi Mümessil Sayfası. (02.02.2002). *Türkiye’de İlaç Endüstrisinin Gelişimine Paralel Tıbbi Satış Mümessilliği*. [http://www.tibbimumessil.com/\(S\(02doctu3023mkjuxlwbz5v55\)\)/SWArticle.aspx?IcerikId=41](http://www.tibbimumessil.com/(S(02doctu3023mkjuxlwbz5v55))/SWArticle.aspx?IcerikId=41), (29.10.2012).

Thierry, M., Salomon, M., Nunen, J. V. ve Wassenhove, L. (1995). Strategic Issues in Product Recovery Management. *California Management Review*. 37(2): 114-136.

Timur, N. (1998). *Sanayi İşletmelerinde Lojistik Faaliyetlerin Organizasyonu*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Tunçbilek, M. (2002). Lojistik Hayati Bir Konu. *3D Lojistik Dergisi*. 14(9): 28-32.

TÜBİTAK (2003). *Teknoloji Öngörü Projesi, Sağlık ve İlaç Paneli Sonuç Raporu*. Ankara: TÜBİTAK.

Türk Eczacıları Birliği (TEB): E-Kütüphane. <http://www.e-kutuphane.teb.org.tr>, (07.02.2013).

Uğur, A. (2008). Path Planning On a Cuboid Using Genetic Algorithms. *Information Sciences*. 178: 3275-3287.

Uludağ, A. S. (2006). *Üçüncü Parti Lojistik Sektörünün Gelişimi ve Bir Üçüncü Parti Lojistik Firması İle Müşterisi Arasında Örnek Bir Ağ Sisteminin Geliştirilmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bolu: Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Uslu, Ş. ve Akçadağ, M. (2012). İlaç Sektöründe Tersine Lojistik ve Dağıtımın Rolü: Bir Uygulama. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 5(1): 149-158.

Wadhwa, S., Madaan, J. ve Chan, F. T. S. (2009). Flexible Decision Modeling of Reverse Logistics System: A Value Adding MCDM Approach for Alternative Selection. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 25: 460-469.

Wood, D. F. (02.02.2013). *Logistics*. Encyclopædia Britannica <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/346422/logistics>, (02.02.2013).

World Health Organization: WHO. (2004). *The World Health Report 2004: Changing History*. Geneva: World Health Organization.

Xie, Y. ve Breen, L. (2010). Green Community Pharmaceutical Supply Chain in UK: Reducing and Recycling Pharmaceutical Waste. *POMS 21st Annual Conference*. 7-10 May 2010. Vancouver, Canada.

Yağsan, O. (2006). *Bir Operatörsüz Vinç İçin PID ve Genetik Algoritma Temelli Minimum Salınlı Konum Kontrolü*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yeo, M.F. ve Agyei, E.O. (1998). Optimising Engineering Problems Using Genetic Algorithms. *Engineering Computations*. 15(2): 268-280.

Yüksel, H. (2009). *Üretim İşlemler Yönetimi: Temel Kavramlar*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

## **EKLER**

EK 1: Geçici Deponun Fotoğrafları





## EK 2: Yükleme ve Taşıma Faaliyetleri



**EK 3: Örnek Veriler (Eczaneler ve Depolar)**

| <b>Eczane Adı</b> | <b>Enlem</b> | <b>Boylam</b> | <b>Mik.</b> |
|-------------------|--------------|---------------|-------------|
| 1. Eczane         | 38,29729     | 27,16786      | 1           |
| 2. Eczane         | 38,31251     | 27,13271      | 3           |
| 3. Eczane         | 38,31557     | 27,13439      | 3           |
| 4. Eczane         | 38,32499     | 27,13694      | 4           |
| 5. Eczane         | 38,34014     | 27,14241      | 3           |
| 6. Eczane         | 38,36122     | 27,10177      | 1           |
| 7. Eczane         | 38,36186     | 27,14513      | 2           |
| 8. Eczane         | 38,36773     | 27,18561      | 3           |
| 9. Eczane         | 38,3687      | 27,12666      | 2           |
| 10. Eczane        | 38,36925     | 27,09611      | 3           |
| 11. Eczane        | 38,36952     | 27,12449      | 1           |
| 12. Eczane        | 38,37233     | 27,1072       | 4           |
| 13. Eczane        | 38,37646     | 27,14757      | 1           |
| 14. Eczane        | 38,37659     | 27,14869      | 1           |
| 15. Eczane        | 38,37661     | 27,14732      | 2           |
| 16. Eczane        | 38,3769      | 27,1695       | 3           |
| 17. Eczane        | 38,37721     | 27,14753      | 1           |
| 18. Eczane        | 38,3815      | 27,12171      | 1           |
| 19. Eczane        | 38,38177     | 27,17408      | 4           |
| 20. Eczane        | 38,38287     | 27,17297      | 1           |
| 21. Eczane        | 38,38309     | 27,17196      | 1           |
| 22. Eczane        | 38,38352     | 27,10988      | 2           |
| 23. Eczane        | 38,38355     | 27,10957      | 3           |
| 24. Eczane        | 38,38421     | 27,12979      | 4           |
| 25. Eczane        | 38,38446     | 27,13013      | 4           |
| 26. Eczane        | 38,38533     | 27,16627      | 3           |
| 27. Eczane        | 38,38696     | 27,13163      | 4           |
| 28. Eczane        | 38,38723     | 27,13144      | 1           |
| 29. Eczane        | 38,38789     | 27,17316      | 3           |
| 30. Eczane        | 38,3879      | 27,17458      | 1           |
| 31. Eczane        | 38,3883      | 27,05612      | 1           |
| 32. Eczane        | 38,38831     | 27,05652      | 3           |
| 33. Eczane        | 38,3885      | 27,15058      | 3           |
| 34. Eczane        | 38,38875     | 27,05231      | 1           |
| 35. Eczane        | 38,38919     | 27,16536      | 3           |
| 36. Eczane        | 38,38933     | 27,1513       | 1           |
| 37. Eczane        | 38,38951     | 27,15515      | 2           |
| 38. Eczane        | 38,38957     | 27,04006      | 1           |
| 39. Eczane        | 38,38964     | 27,15667      | 3           |
| 40. Eczane        | 38,3897      | 27,16517      | 4           |
| 41. Eczane        | 38,38984     | 27,18666      | 3           |
| 42. Eczane        | 38,39048     | 27,12308      | 4           |
| 43. Eczane        | 38,39081     | 27,1596       | 2           |
| 44. Eczane        | 38,39146     | 27,15657      | 1           |
| 45. Eczane        | 38,39179     | 27,16622      | 4           |
| 46. Eczane        | 38,39221     | 27,0891       | 4           |
| 47. Eczane        | 38,39233     | 27,09001      | 4           |

| <b>Eczane Adı</b> | <b>Enlem</b> | <b>Boylam</b> | <b>Mik.</b> |
|-------------------|--------------|---------------|-------------|
| 48. Eczane        | 38,39235     | 27,04394      | 3           |
| 49. Eczane        | 38,393       | 27,08461      | 4           |
| 50. Eczane        | 38,39311     | 27,11706      | 3           |
| 51. Eczane        | 38,39312     | 27,14631      | 4           |
| 52. Eczane        | 38,3932      | 27,08506      | 1           |
| 53. Eczane        | 38,39357     | 27,01281      | 2           |
| 54. Eczane        | 38,39374     | 27,06928      | 2           |
| 55. Eczane        | 38,3939      | 27,04364      | 2           |
| 56. Eczane        | 38,39391     | 27,08843      | 1           |
| 57. Eczane        | 38,39392     | 27,0695       | 2           |
| 58. Eczane        | 38,39396     | 27,00665      | 2           |
| 59. Eczane        | 38,39398     | 27,16066      | 4           |
| 60. Eczane        | 38,39403     | 27,14863      | 4           |
| 61. Eczane        | 38,39421     | 27,00776      | 2           |
| 62. Eczane        | 38,39442     | 27,08683      | 1           |
| 63. Eczane        | 38,3946      | 27,00519      | 3           |
| 64. Eczane        | 38,39468     | 26,99109      | 2           |
| 65. Eczane        | 38,39493     | 27,14823      | 2           |
| 66. Eczane        | 38,39553     | 27,06962      | 4           |
| 67. Eczane        | 38,39613     | 27,11833      | 1           |
| 68. Eczane        | 38,39637     | 27,08983      | 4           |
| 69. Eczane        | 38,3964      | 27,14441      | 3           |
| 70. Eczane        | 38,39651     | 27,10937      | 3           |
| 71. Eczane        | 38,39655     | 27,11417      | 1           |
| 72. Eczane        | 38,39658     | 27,175        | 1           |
| 73. Eczane        | 38,39673     | 27,10578      | 4           |
| 74. Eczane        | 38,39706     | 27,06849      | 1           |
| 75. Eczane        | 38,39709     | 27,16458      | 2           |
| 76. Eczane        | 38,39755     | 27,10536      | 3           |
| 77. Eczane        | 38,39761     | 27,08451      | 3           |
| 78. Eczane        | 38,39763     | 27,07153      | 1           |
| 79. Eczane        | 38,39765     | 27,08686      | 4           |
| 80. Eczane        | 38,39805     | 27,12295      | 2           |
| 81. Eczane        | 38,39832     | 27,09717      | 1           |
| 82. Eczane        | 38,39846     | 27,07589      | 2           |
| 83. Eczane        | 38,39853     | 27,11273      | 2           |
| 84. Eczane        | 38,39855     | 27,10395      | 2           |
| 85. Eczane        | 38,3992      | 27,10093      | 4           |
| 86. Eczane        | 38,39971     | 27,16621      | 4           |
| 87. Eczane        | 38,40062     | 27,09759      | 1           |
| 88. Eczane        | 38,40074     | 27,10606      | 2           |
| 89. Eczane        | 38,40084     | 27,10412      | 4           |
| 90. Eczane        | 38,4012      | 27,09319      | 2           |
| 91. Eczane        | 38,40126     | 27,09943      | 3           |
| 92. Eczane        | 38,40153     | 27,10642      | 4           |
| 93. Eczane        | 38,40186     | 27,11059      | 1           |
| 94. Eczane        | 38,40265     | 27,16329      | 4           |



| Eczane Adı  | Enlem    | Boylam   | Mik. |
|-------------|----------|----------|------|
| 95. Eczane  | 38,40277 | 27,16129 | 2    |
| 96. Eczane  | 38,40297 | 27,12218 | 3    |
| 97. Eczane  | 38,40393 | 27,16404 | 3    |
| 98. Eczane  | 38,40431 | 27,13324 | 1    |
| 99. Eczane  | 38,40443 | 27,12895 | 3    |
| 100. Eczane | 38,40637 | 27,10539 | 1    |
| 101. Eczane | 38,40686 | 27,10383 | 1    |
| 102. Eczane | 38,40689 | 27,12076 | 1    |
| 103. Eczane | 38,40693 | 27,12798 | 3    |
| 104. Eczane | 38,4071  | 27,10457 | 2    |
| 105. Eczane | 38,41433 | 27,12978 | 3    |
| 106. Eczane | 38,41588 | 27,12988 | 1    |
| 107. Eczane | 38,41686 | 27,13035 | 2    |
| 108. Eczane | 38,41734 | 27,13626 | 2    |
| 109. Eczane | 38,41905 | 27,15674 | 4    |
| 110. Eczane | 38,41952 | 27,16629 | 2    |
| 111. Eczane | 38,41986 | 27,16355 | 2    |
| 112. Eczane | 38,42198 | 27,15182 | 4    |
| 113. Eczane | 38,4226  | 27,14059 | 3    |
| 114. Eczane | 38,42318 | 27,16199 | 1    |
| 115. Eczane | 38,42506 | 27,13255 | 4    |
| 116. Eczane | 38,42589 | 27,17057 | 3    |
| 117. Eczane | 38,4261  | 27,1393  | 1    |
| 118. Eczane | 38,42792 | 27,26608 | 4    |
| 119. Eczane | 38,43152 | 27,14125 | 1    |
| 120. Eczane | 38,43235 | 27,14151 | 3    |
| 121. Eczane | 38,43276 | 27,18918 | 2    |
| 122. Eczane | 38,43469 | 27,20649 | 4    |
| 123. Eczane | 38,43557 | 27,14275 | 3    |
| 124. Eczane | 38,43697 | 27,19365 | 3    |
| 125. Eczane | 38,44791 | 27,2297  | 3    |
| 126. Eczane | 38,4507  | 27,11289 | 1    |
| 127. Eczane | 38,45198 | 27,11148 | 3    |
| 128. Eczane | 38,45251 | 27,10832 | 3    |
| 129. Eczane | 38,45389 | 27,10571 | 1    |
| 130. Eczane | 38,45453 | 27,11148 | 1    |
| 131. Eczane | 38,45491 | 27,11472 | 2    |
| 132. Eczane | 38,45523 | 27,17877 | 3    |
| 133. Eczane | 38,45595 | 27,10658 | 4    |
| 134. Eczane | 38,45651 | 27,27009 | 3    |
| 135. Eczane | 38,45653 | 27,19745 | 3    |
| 136. Eczane | 38,4571  | 27,09927 | 4    |
| 137. Eczane | 38,45745 | 27,20846 | 2    |
| 138. Eczane | 38,45782 | 27,19122 | 3    |
| 139. Eczane | 38,45813 | 27,11824 | 1    |
| 140. Eczane | 38,45829 | 27,19951 | 2    |
| 141. Eczane | 38,4585  | 27,191   | 3    |
| 142. Eczane | 38,45857 | 27,09803 | 1    |
| 143. Eczane | 38,45917 | 27,25132 | 1    |

| Eczane Adı  | Enlem    | Boylam   | Mik. |
|-------------|----------|----------|------|
| 144. Eczane | 38,45942 | 27,09771 | 1    |
| 145. Eczane | 38,46004 | 27,21375 | 2    |
| 146. Eczane | 38,46022 | 27,19932 | 1    |
| 147. Eczane | 38,46064 | 27,12324 | 4    |
| 148. Eczane | 38,46083 | 27,12316 | 2    |
| 149. Eczane | 38,46099 | 27,21273 | 4    |
| 150. Eczane | 38,4611  | 27,10803 | 1    |
| 151. Eczane | 38,46111 | 27,217   | 3    |
| 152. Eczane | 38,46177 | 27,10389 | 3    |
| 153. Eczane | 38,46185 | 27,11503 | 4    |
| 154. Eczane | 38,46194 | 27,08848 | 1    |
| 155. Eczane | 38,46279 | 27,10463 | 4    |
| 156. Eczane | 38,46282 | 27,0927  | 4    |
| 157. Eczane | 38,46328 | 27,11609 | 2    |
| 158. Eczane | 38,46375 | 27,21326 | 1    |
| 159. Eczane | 38,46437 | 27,10745 | 4    |
| 160. Eczane | 38,46672 | 27,16489 | 3    |
| 161. Eczane | 38,46687 | 27,2194  | 1    |
| 162. Eczane | 38,46811 | 27,21948 | 4    |
| 163. Eczane | 38,46854 | 27,21911 | 4    |
| 164. Eczane | 38,46865 | 27,10616 | 1    |
| 165. Eczane | 38,46878 | 27,10588 | 1    |
| 166. Eczane | 38,46915 | 27,0874  | 4    |
| 167. Eczane | 38,46962 | 27,09283 | 2    |
| 168. Eczane | 38,46989 | 27,16666 | 1    |
| 169. Eczane | 38,47014 | 27,10561 | 2    |
| 170. Eczane | 38,47068 | 27,07474 | 1    |
| 171. Eczane | 38,47231 | 27,18602 | 2    |
| 172. Eczane | 38,47424 | 27,1748  | 4    |
| 173. Eczane | 38,47426 | 27,18569 | 4    |
| 174. Eczane | 38,47555 | 27,10125 | 1    |
| 175. Eczane | 38,47671 | 27,20449 | 2    |
| 176. Eczane | 38,47874 | 27,11872 | 3    |
| 177. Eczane | 38,47881 | 27,1189  | 2    |
| 178. Eczane | 38,48621 | 27,07946 | 1    |
| 179. Eczane | 38,48764 | 27,21462 | 3    |
| 180. Eczane | 38,49185 | 27,08233 | 4    |
| 181. Eczane | 38,4935  | 27,06327 | 2    |
| 182. Eczane | 38,49366 | 27,06292 | 2    |
| 183. Eczane | 38,51826 | 27,05542 | 4    |
| 184. Eczane | 38,5416  | 27,05684 | 3    |

| Depo Adı | Enlem     | Boylam    |
|----------|-----------|-----------|
| DEPO-1   | 38,362051 | 27,145886 |
| DEPO-2   | 38,463737 | 27,169361 |

**EK 4: Hesaplama Sonuçları**

| No       | Uyg.<br>Değ.  | Lisanssız<br>Araç,<br>Tek<br>Depo | Lisanslı<br>Araç,<br>Tek<br>Depo | Lisanssız Araç, İki Depo |          |      |          |      |
|----------|---------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------|------|----------|------|
|          |               | Maliyet                           | Maliyet                          | Maliyet                  | 1. Depo  |      | 2. Depo  |      |
|          |               |                                   |                                  |                          | Toplanan | Uğr. | Toplanan | Uğr. |
| 1        | 151804        | 348                               | 182                              | 290                      | 247      | 5    | 202      | 4    |
| 2        | 154881        | 341                               | 186                              | 290                      | 245      | 5    | 204      | 4    |
| 3        | 156762        | 356                               | 188                              | 299                      | 243      | 5    | 206      | 4    |
| 4        | 152172        | 341                               | 183                              | 289                      | 246      | 5    | 203      | 4    |
| 5        | 152995        | 348                               | 184                              | 288                      | 241      | 5    | 208      | 4    |
| 6        | 152753        | 328                               | 183                              | 276                      | 297      | 6    | 152      | 3    |
| 7        | 152965        | 337                               | 184                              | 274                      | 246      | 5    | 203      | 4    |
| 8        | 152628        | 347                               | 183                              | 293                      | 296      | 6    | 153      | 3    |
| 9        | 153398        | 335                               | 184                              | 276                      | 242      | 5    | 207      | 4    |
| 10       | 155056        | 329                               | 186                              | 275                      | 241      | 5    | 208      | 4    |
| 11       | 150868        | 344                               | 181                              | 282                      | 297      | 6    | 152      | 3    |
| 12       | 152001        | 340                               | 183                              | 288                      | 296      | 6    | 153      | 3    |
| 13       | 152156        | 354                               | 183                              | 300                      | 297      | 6    | 152      | 3    |
| 14       | 151993        | 347                               | 182                              | 288                      | 245      | 5    | 204      | 4    |
| 15       | 153511        | 335                               | 184                              | 278                      | 244      | 5    | 205      | 4    |
| 16       | 151853        | 349                               | 182                              | 292                      | 296      | 6    | 153      | 3    |
| 17       | 152885        | 336                               | 184                              | 264                      | 247      | 5    | 202      | 4    |
| 18       | 152787        | 343                               | 183                              | 288                      | 298      | 6    | 151      | 3    |
| 19       | 154547        | 346                               | 186                              | 289                      | 296      | 6    | 153      | 3    |
| 20       | 153739        | 337                               | 185                              | 276                      | 246      | 5    | 203      | 4    |
| 21       | 153930        | 331                               | 185                              | 276                      | 243      | 5    | 206      | 4    |
| 22       | 153922        | 333                               | 185                              | 266                      | 245      | 5    | 204      | 4    |
| 23       | 153854        | 334                               | 185                              | 270                      | 247      | 5    | 202      | 4    |
| 24       | 152023        | 333                               | 183                              | 272                      | 247      | 5    | 202      | 4    |
| 25       | 152392        | 347                               | 183                              | 293                      | 295      | 6    | 154      | 3    |
| 26       | 154088        | 344                               | 185                              | 285                      | 248      | 5    | 201      | 4    |
| 27       | 152650        | 333                               | 183                              | 275                      | 294      | 6    | 155      | 3    |
| 28       | 153413        | 333                               | 184                              | 264                      | 247      | 5    | 202      | 4    |
| 29       | 155055        | 344                               | 186                              | 286                      | 245      | 5    | 204      | 4    |
| 30       | 152334        | 335                               | 183                              | 277                      | 246      | 5    | 203      | 4    |
| Ortalama | <b>153181</b> | <b>340,27</b>                     | <b>183,93</b>                    | <b>281,97</b>            | 262,10   | 5,33 | 186,90   | 3,67 |
| S.Sapma  | <b>1227</b>   | <b>7,28</b>                       | <b>1,50</b>                      | <b>9,74</b>              | 24,18    | 0,47 | 24,18    | 0,47 |
| S.S.(%)  | %0,8          | %2,1                              | %0,8                             | %3,5                     |          |      |          |      |