

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**İŞLETME ANABİLİM DALI**

**DOKTORA PROGRAMI**

**GENETİK ALGORİTMA İLE KAN VE KAN ÜRÜNLERİ TEDARİK ZİNCİRİ AĞ  
TASARIMI: KIZILAY DOĞU KARADENİZ BÖLGE KAN MERKEZİ ÖRNEĞİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Gökhan AĞAÇ**

**EYLÜL - 2019**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**İŞLETME ANABİLİM DALI**

**DOKTORA PROGRAMI**

**GENETİK ALGORİTMA İLE KAN VE KAN ÜRÜNLERİ TEDARİK ZİNCİRİ AĞ  
TASARIMI: KIZILAY DOĞU KARADENİZ BÖLGE KAN MERKEZİ ÖRNEĞİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Gökhan AĞAÇ**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Birdoğan BAKİ**

**EYLÜL - 2019**

**TRABZON**

## ONAY

Gökhan AĞAÇ tarafından hazırlanan “Genetik Algoritma İle Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı: Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi Örneği” bu Çalışma 06.11.2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından İşletme Anabilim Dalı Doktora Programı’nda **doktora tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesi		Karar		İmza
Unvanı – Adı ve Soyadı	Görevi	Kabul	Ret	
Prof. Dr. Birdoğan BAKI	Başkan	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B.Baki
Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ	Üye	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	M. Tanyaş
Prof. Dr. Ferhan ÇEBİ	Üye	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. Çebi
Prof. Dr. Selçuk PERÇİN	Üye	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	S. Perçin
Doç. Dr. Hamdi Tolga KAHRAMAN	Üye	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	H. Tolga Kahraman

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylarım.

Prof. Dr. Yusuf SÜRMEŒEN  
Enstitü Müdürü

## **BİLDİRİM**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca KTÜ - Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırlanan bu Çalışmada yararlanılan kaynakların tümüne eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her tür yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

Gökhan AĞAÇ  
24.09.2019

## ÖNSÖZ

Kan, kaynağı insan olan ve alternatifi bulunmayan bir kıt kaynaktır. Ürün raf süresinin sınırlı, transfer süresinin kısıtlı ve belli koşullar altında ürünlerin stoklanabilir olması, kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin yönetimini zorlaştırır. Ülkemizde, kan ve kan ürünleri tedarik zincirinden Türk Kızılayı sorumludur. Türk Kızılayı bünyesinde ürün toplama işlevi gören kan bağış merkezleri ve mobil tesisler, ürünün işlenmesi, stoklanması ve dağıtılmasından sorumlu bölge kan merkezleri ve hastalara ürün naklini sağlayacak transfüzyon merkezleri bulunmaktadır. Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri, gerek tedarikinden sorumlu olduğu ürünlerin kendine özgü koşulları gerekse bünyesinde bulundurduğu paydaşlarının çokluğu sebebiyle karmaşık ve yönetilmesi zor bir konudur. Bu çalışmada, kan ve kan ürünleri sisteminin daha etkin ve verimli yönetilmesi amacıyla alternatif bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ modeli önerilmektedir.

Doktora eğitimim boyunca bana akademik hayatı öğreten, yol gösteren, en ufak ayrıntıları bile sabır ve ilgiyle açıklayan, tüm akademik bilgi ve tecrübelerini büyük bir içtenlikle aktaran ve her zaman her konuda bana yardımcı olan çok sevdiğim ve kıymet verdiğim değerli hocam Prof. Dr. Birdoğan BAKI'ye teşekkürlerimi bir borç bilirim. Aynı süre zarfında akademik hayatıma katkı sağlayan sayın Prof. Dr. İlker Murat AR'a ve bu çalışmada bilgilerini esirgemeyen Doç. Dr. Hamdi Tolga KAHRAMAN'a teşekkür ederim. Ayrıca, çalışma boyunca bana yardım eden Arş. Gör. Kadir BÜYÜKÖZKAN'a ve beni destekleyen Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Sağlık Yönetimi Bölümü hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Öte yandan, çalışmaya destek veren Türk Kızılayı Kan Hizmetleri Genel Müdürlüğü'ne ve Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca gerek maddi gerekse manevi desteklerini esirgemeyen, çok sevdiğim başta annem Tükaz AĞAÇ ve babam Hasan AĞAÇ olmak üzere sevgili aileme teşekkürlerimi özellikle sunarım.

Her başarının arkasında görünmeyen kahramanlar vardır. Her başarımda olduğu gibi bu başarımda da gizli bir rol oynayan, her zaman her koşulda beni destekleyen ve yanımda olan sevgili eşim Sümeyye AĞAÇ'a çok teşekkür ederim. Son olarak, tez çalışmamı aramıza yeni katılan ve varlığıyla hayatımıza neşe katan oğlumuz Ahmet Arif'e armağan ediyorum.

Eylül, 2019

Gökhan AĞAÇ

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XI
GRAFİKLER LİSTESİ.....	XIII
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XIV
GİRİŞ.....	1-4

## BİRİNCİ BÖLÜM

<b>1. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....</b>	<b>5-14</b>
1.1. Tedarik Zinciri.....	5
1.2. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı.....	10

## İKİNCİ BÖLÜM

<b>2. KAN VE KAN ÜRÜNLERİ TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....</b>	<b>15-23</b>
2.1. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri.....	15
2.2. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı.....	20

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

<b>3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....</b>	<b>24-54</b>
3.1. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	24
3.1.1. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Literatür Araştırması Metodolojisi.....	24
3.1.2. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili Yapılan Çalışmalara İlişkin Sayısal Veriler.....	26
3.2. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	32
3.2.1. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Literatür Araştırması Metodolojisi.....	32
3.2.2. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri ile İlgili Genel Çalışmalar.....	34
3.2.3. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili Çalışmalar.....	40

3.3. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Ağ Tasarımında Matematiksel Programlama Kullanan Çalışmaların Sınıflandırılması.....	46
--	----

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### 4. ÇALIŞMADA KULLANILAN MATEMATİKSEL MODEL VE GENETİK

<b>ALGORİTMA YAKLAŞIMI.....</b>	<b>55-74</b>
4.1. Matematiksel Model.....	55
4.2. Genetik Algoritma.....	62
4.2.1. Genetik Algoritma’da Kullanılan Terimler.....	63
4.2.2. Genetik Algoritma’nın Çalışma Prensipleri.....	65
4.2.2.1. Kodlama Türleri.....	66
4.2.2.2. Seçilim .....	67
4.2.2.3. Çaprazlama .....	70
4.2.2.4. Mutasyon .....	73
4.2.2.5. Arama Sonlandırma .....	74

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### 5. KIZILAY DOĞU KARADENİZ BÖLGE KAN MERKEZİ ÜZERİNE

<b>BİR UYGULAMA.....</b>	<b>75-103</b>
5.1. Çalışmanın Önemi ve Amacı .....	76
5.2. Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi Hakkında Genel Bilgiler .....	76
5.3. Uygulama Aşamaları.....	79
5.3.1. Model Karar Değişkenlerinin Genetik Algoritma’da Gösterimi, Seçilimi ve Ataması .....	79
5.3.2. Bireylerin Seçilimi .....	81
5.3.3. Bireylerin Çaprazlanması.....	82
5.3.4. Birey Mutasyonu.....	83
5.3.5. Verilerin Toplanması .....	83
5.3.6. Modelin Geçerliliği.....	83
5.3.7. Değişken ve Kısıtların Model Karmaşıklığı Üzerindeki Etkisi .....	85
5.3.8. Genetik Algoritma Parametrelerinin Belirlenmesi .....	89
5.3.9. Bulgular.....	93
5.3.10. Duyarlılık Analizi .....	100

<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>104</b>
-------------------------------	------------

<b>YARARLANILAN KAYNAKLAR.....</b>	<b>108</b>
------------------------------------	------------

<b>EKLER.....</b>	<b>155</b>
-------------------	------------

<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>174</b>
----------------------	------------

## ÖZET

Gelişen teknoloji yardımıyla tıpta çok büyük gelişmeler yaşanmasına karşın insan için hayati bir öneme sahip olan kan ve kan ürünlerinin kendisinden başka bir alternatifi yoktur. 2005 yılında kan ürünleri tedarik hizmetinin öncelikli olarak Kızılay'a devredilmesinden bu yana Kızılay hızlı bir büyüme içerisine girmiş ve altyapısına önemli yatırımlar yapmıştır. Bu hızlı değişimle beraber Kızılay, ülke kan ihtiyacının tümünü karşılamayı hedefleyen stratejik planlar yapmaktadır. Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı, farklı işlevleri olan paydaşlardan oluşmaktadır. Kan tedariki ile ilgili izlenecek politikalar, ürün israfı ve stoksuz kalma riski ile doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla, kan tedarik zinciri ağındaki her paydaş, kan ve kan ürünlerini etkili ve verimli bir şekilde kullanmalıdır.

Bu çalışmanın temel amacı, kan ürünleri taleplerine etkili bir şekilde cevap verecek yeni bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ modeli tasarlamak olarak belirlenmiştir. Bir yer seçimi, tahsis ve rotalama problemi olan model; açılacak yerel kan merkezlerinin yerinin belirlenmesini, belirlenen yerel kan merkezlerine transfüzyon ve kan bağış merkezlerinin atanmasını ve bunlar arasında rotalama işleminin yapılmasını kapsamaktadır. Önerilen model, Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama kullanılarak geliştirilmiştir. Modelin çözümü için sezgisel bir yaklaşım olan Genetik Algoritma kullanılmıştır. Uygulama için çalışma verileri Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi ve yönlendirdiği firmalardan temin edilmiştir. Uygulama kapsamında bölge kan merkezine bağlı Trabzon, Giresun, Rize, Gümüşhane ve Artvin illeri üzerinden çalışma gerçekleştirilmiştir.

Uygulama sonucunda Trabzon ilinde iki tane, Giresun ve Artvin ilinde birer tane olmak üzere toplam 4 adet yerel kan merkezi açılmıştır. Açılan yerel kan merkezlerine transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezleri atanmıştır. Tesisler için araç atamalarına bakıldığında, 4 tanesi Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi ile yerel kan merkezleri arasında ve 15 tanesi ise yerel kan merkezleri ile transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezleri arasında olmak üzere toplam 19 adet araç atanmıştır. Maliyete ilişkin bulgulara bakıldığında, yerel kan merkezi açma ve çalıştırma maliyeti 305.247,20 TL, taşıma maliyeti 112.738,17 TL, stok bulundurma maliyeti 13.893,40 TL ve araç kullanım maliyeti 1.140.000,00 TL olmak üzere toplam model maliyeti 1.571.878,77 TL olarak bulunmuştur. Önerilen modelin Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ faaliyetlerinin daha etkin ve verimli bir şekilde yürütülmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kızılay, Kan ve Kan Ürünleri, Kan Bankası, Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı, Genetik Algoritma



## ABSTRACT

With rapidly developing technology, there have been important developments in healthcare. However, there is no alternative treatment for blood and blood products that are vital for human life. Since the transfer of the blood products supply chain to Turkish Red Crescent in 2005, Turkish Red Crescent has entered into a rapid growth and has made significant investments in its infrastructure. Together with this rapid development, Turkish Red Crescent makes strategic plans to meet all of the country's blood needs. The blood supply chain network consists of stakeholders that have different functions. The policies for blood supply are directly related to the risk of product wastage and shortage. Therefore, every stakeholder in the blood supply chain network must use blood and blood products effectively and efficiently.

The aim of this study is to present a novel blood supply chain network model to respond effectively to the demands of blood products. The model that includes a location, allocation, and routing problem consists of determining the location of local blood centers to be opened, the allocation of transfusion and blood donation centers to local blood centers, and the routing process among them. The proposed model is developed using Mixed-Integer Nonlinear Programming. Genetic Algorithm which is a heuristic approach is used to solve the model. Most of the data used in this study were obtained from the Red Crescent Eastern Black Sea Region Blood Center and its referring companies. Within the scope of the application, the study was conducted through Trabzon, Giresun, Rize, Gümüşhane, and Artvin provinces.

As a result of the application of the model, four local blood centers were opened, two in Trabzon, one in Giresun, and one in Artvin. Transfusion centers and blood donation centers were assigned to local blood centers. Considering vehicle assignments for facilities, 4 vehicles were assigned between Red Crescent Eastern Black Sea Region Blood Center and local blood centers, and 15 vehicles were assigned among local blood centers, transfusion centers and blood donation centers. According to the findings related to costs, the cost of opening and of operating local blood centers is 305.247,20 TL, the transportation cost is 112.738,17 TL, the inventory cost is 13.893,40 TL and the cost of vehicle usage is 1.140.000,00 TL. The proposed model is expected to contribute the more effective and efficient implementation of the Red Crescent Eastern Black Sea Region Blood Center blood and blood products supply chain network operations.

**Keywords:** Turkish Red Crescent, Blood and Blood Products, Blood Bank, Supply Chain Network Design, Genetic Algorithm

## TABLolar LİSTESİ

Tablo Nr.	Tablo Adı	Sayfa Nr.
1	Kan Transferi İlişki Matrisi .....	16
2	Kan Bileşen Türleri ve Özellikleri.....	18
3	Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili Çalışmaların Anahtar Kelimelere ve Veri Tabanlarına Göre Dağılımı .....	24
4	Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili Çalışmaların Değerlendirme Sonrasında Anahtar Kelimelere ve Veri Tabanlarına Göre Dağılımı.....	26
5	Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri ile İlgili Çalışmaların Veri Tabanlarına Göre Dağılımı .....	32
6	Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri ile İlgili Çalışmaların Değerlendirme Sonrasında Veri Tabanlarına Göre Dağılımı .....	33
7	Literatürdeki Çalışmaların Model, Amaç Fonksiyonu ve Çıktı Türleri .....	47
8	Literatürdeki Çalışmaların Model, Amaç Fonksiyonu ve Çıktı Türlerine İlişkin Sayısal Veriler .....	48
9	Literatürdeki Çalışmaların Çözüm Yaklaşımları .....	49
10	Literatürdeki Çalışmaların Çözüm Yaklaşımlarına İlişkin Sayısal Veriler .....	50
11	Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zincirinde Paydaş Kullanımına Göre Çalışmaların Dağılımı.....	51
12	Çalışmalarda Kullanılan Paydaşlara İlişkin Sayısal Veriler .....	51
13	Literatür Araştırması Sonrasında Elde Edilen Çalışmaların Veri Tabanlarına Göre Dağılımı .....	52
14	Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili Çalışmaların Veri Tabanlarına Göre Dağılımı .....	52
15	Biyolojik ve Genetik Algoritma Terimlerinin Karşılaştırılması.....	65
16	Genetik Algoritma'da Kullanılan Kodlama Türleri.....	67
17	Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi'ne Bağlı Tesislerin Listesi.....	78
18	Örnek Parametre Değerleri .....	79
19	Genetik Algoritma'nın BARON ve ANTIGONE Çözücü ile Kıyaslanması.....	84
20	Genetik Algoritma'nın BARON ve ANTIGONE Çözücü ile Arasındaki Fark .....	85
21	Model Boyutuna İlişkin Bilgiler .....	85
22	Çeşitli Girdilere Göre Karar Değişkeni ve Kısıt Kombinasyonu Sayıları.....	88
23	Deneyde Kullanılacak Parametreler ve Seviyeleri .....	89

24	Parametrelerin $L_{16}(4^4)$ Ortogonal Dizisine Göre Dağılımı .....	90
25	S/G İçin Taguchi Tepki Tablosu.....	91
26	Ortalama İçin Taguchi Tepki Tablosu .....	91
27	Parametre Değerlerinin Doğrulanması .....	93
28	Model Maliyetine İlişkin Deney Sonuçları.....	94
29	Açılan Yerel Kan Merkezleri, Kapasiteleri, Tur Katsayıları ve Bölge Kan Merkezinin Atanan Araçlara İlişkin Bulgular .....	95
30	Açılan Yerel Kan Merkezlerine Transfüzyon Merkezi, Kan Bağış Merkezi ve Araç Atamalarına İlişkin Bulgular .....	95
31	Yerel Kan Merkezlerine Atanan Araçların Takip Ettiği Rotalar .....	96
32	Farklı Mesai Süresi ve Maksimum Uzaklık Miktarları İçin Model Maliyeti .....	100
33	Farklı Mesai Süresi ve Maksimum Uzaklık Miktarları İçin İkili Karşılaştırma Matrisi .....	101
34	Farklı Taşıma Maliyetleri İçin Model Maliyeti .....	102
35	Farklı Taşıma Maliyetleri İçin İkili Karşılaştırma Matrisi .....	102
36	Farklı Stok Bulundurma Maliyetleri İçin Model Maliyeti.....	103
37	Farklı Stok Bulundurma Maliyetleri İçin İkili Karşılaştırma Matrisi.....	103

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil Nr.	Şekil Adı	Sayfa Nr.
1	Tedarik Zinciri İlişki Yapısı.....	6
2	Tedarik Zinciri Aşamaları.....	6
3	Tedarik Zinciri Yönetim Boyutları ve İlişkileri.....	8
4	Tedarik Zinciri Planlama Matrisi.....	10
5	Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Karar Türleri.....	11
6	Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Karar Aşamaları.....	12
7	Tedarik Zinciri Ağ Yapısı.....	14
8	Kan Bileşenlerine Ait Saklama ve Transfer Koşulları.....	20
9	Kızılay Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Ağ Yapısı .....	22
10	Bölge Kan Merkezinin Ürün Toplama, İşleme ve Dağıtım Süreci.....	23
11	Tedarik Zinciri Ağ Tasarımına İlişkin Literatür Araştırması Akış Şeması .....	25
12	Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri ile İlgili Literatür Araştırması Akış Şeması .....	33
13	Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Üzerine Üretilen Temel Modeller .....	57
14	Genetik Algoritma'da Popülasyon, Kromozom, Gen ve Alel Gösterimi .....	64
15	Genetik Algoritma'da Fenotip ve Genotipin Gösterimi .....	64
16	Genetik Algoritma'nın Genel Döngüsü .....	66
17	Tek Noktalı Çaprazlama Örneği .....	71
18	İki Noktalı Çaprazlama Örneği .....	71
19	Tek Biçimli Çaprazlama Örneği .....	72
20	Kısmi Eşleştirilmiş Çaprazlama Örneği.....	73
21	Çevirme Mutasyon Örneği.....	73
22	Değiş Tokuş Mutasyon Örneği .....	74
23	Tersine Çevirme Mutasyon Örneği.....	74
24	Matematiksel Model için Genetik Algoritma İşlem Akış Şeması .....	75
25	Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi'ne Bağlı Bölgelerin Harita Üzerinde Gösterimi.....	77
26	Örnek Yerel Kan Merkezi Geni Gösterimi .....	80
27	Transfüzyon Merkezleri ve Kan Bağış Merkezi Genleri Gösterimi.....	80
28	Örnek Araç Geni Gösterimi .....	80
29	Örnek Yerel Kan Merkezine Araç Ataması Gösterimi.....	81
30	Bir Aracın Rotasının Gösterimi .....	81

31	Modelin BARON ile Çözümü .....	84
32	Model Ağ Yapısının Gösterimi.....	98
33	Model Yapısının Hiyerarşik Gösterimi.....	99



## GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik Nr.	Grafik Adı	Sayfa Nr.
1	Yıllara Göre Yayınlanan Makale Sayısı .....	27
2	Makalelerde Kullanılan Matematiksel Modellerin Türlerine Göre Dağılımı .....	27
3	Makalelerin Amaç Fonksiyonlarının Türlerine Göre Dağılımı .....	28
4	Makalelerin Model Çıktılarının Türlerine Göre Dağılımı .....	28
5	Makalelerde Kullanılan Çözüm Tekniklerinin Türlerine Göre Dağılımı .....	29
6	Kesin Çözüm Tekniklerinin Türlerine Göre Dağılımı.....	29
7	Sezgisel Çözüm Tekniklerinin Türlerine Göre Dağılımı.....	30
8	Meta-sezgisel Çözüm Tekniklerinin Türlerine Göre Dağılımı .....	30
9	Ticari Yazılımların Türlerine Göre Dağılımı.....	31
10	Çözüm Teknikleri İçerisinde Tekil/Hibrit Model Kullanımı Dağılımı.....	31
11	Karar Değişkeni ve Kısıt Kombinasyonu Sayılarının Transfüzyon Merkezi, Yerel Kan Merkezi ve Araç Sayılarına Bağlı Değişimi.....	87
12	S/G için Parametre Seviyelerinin Ana Etkisi.....	92
13	Ortalama için Parametre Seviyelerinin Ana Etkisi .....	92

## KISALTMALAR LİSTESİ

BKM	: Bölge Kan Merkezi
BT	: Benzetilmiş Tavlama
ÇBM	: Çoklu Bağımsız Merkezli Model
DP	: Doğrusal Programlama
GA	: Genetik Algoritma
HP	: Hedef Programlama
KBM	: Kan Bağış Merkezi
KÇM	: Koordineli Çoklu Merkezli Model
KTDOP	: Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama
KTDP	: Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama
KTP	: Karma Tamsayılı Programlama
MT	: Mobil Tesis
OT	: Oyun Teorisi
TA	: Tabu Arama
TDP	: Tamsayılı Doğrusal Programlama
TM	: Transfüzyon Merkezleri
TMM	: Tek Merkezli Model
YKM	: Yerel Kan Merkezi

## GİRİŞ

Tedarik zinciri günümüzde hızlıca değişen dünya ile beraber daha karmaşık bir hale gelmiştir. “Tedarik zinciri, ürünün ham maddeden nihai müşteriye ulaşıncaya kadar yapılan faaliyetlerin tümünü kapsar” (Zigaris, 2000: 2). İşletmeler, hayatta kalmak ve gelişmek için ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tedarik zincirlerine bağımlı olarak bir ya da daha fazla tedarik zinciri ile bağlantı kurar ve bu zincirlerin her birinde bir rol üstlenirler (Hugos, 2018: 1).

Tedarik zincirini oluşturan bileşenlerin istenen düzeyde faaliyet gösterebilmesi, bu zincirin etkin yönetimiyle doğrudan ilişkilidir. Simchi-Levi vd. (2009: 1) tedarik zinciri yönetimini şu şekilde tanımlamaktadır:

Tedarik zinciri yönetimi, müşteri hizmet düzeyini karşılarken sistem genelindeki maliyetleri en aza indirmek için doğru miktarda, doğru yerde ve doğru zamanda ürünlerin üretilmesi ve dağıtılması amacıyla tedarikçileri, üreticileri, toptancıları ve perakendecileri etkin bir şekilde bir araya getirmek için kullanılan bir dizi yaklaşımdır.

Stadtler vd. (2015: 5) tedarik zinciri yönetimini “bir görev olarak, nihai müşteri ve tüketici taleplerini karşılamak için organizasyonel birimleri tedarik zinciri boyunca entegre etmek ve malzeme, bilgi ve finansal akışları koordine etmek” olarak tanımlamıştır. Ayrıca bu görev yapılırken bir bütün olarak tedarik zincirinin rekabetçiliğini artırmak amacı güdülmelidir (Stadtler vd., 2015: 5).

İşletmeler gelirlerini artırabilmek ve rakip firmalarla rekabet edebilmek amacıyla sahip oldukları kaynakları daha etkin ve verimli kullanmak zorundadırlar. Bu ise eldeki kaynakların sağlıklı bir şekilde hedeflenen amaçlar için hazır hale getirilmesi ve bunlarla ilgili tedarik süreçlerinin başarılı bir şekilde yürütülmesiyle sağlanır. Bu zorlu sürecin yönetilmesi ancak iyi bir stratejik planlama ile mümkündür. Bu stratejik planlamanın kararlarından bir tanesi ise tedarik zinciri ağ tasarımıdır. Tedarik zinciri ağ tasarımı problemi, “tedarik zincirinin tamamının uzun dönemli verimli çalışmasını sağlamak için optimize edilmesi gereken en kapsamlı stratejik karar problemlerinden biridir” (Altıparmak vd., 2006: 197). “Tedarik zinciri ağ tasarımının amacı, yeni bir zincirin varlıkları için etkin bir ağ yapısı tasarlamak veya mevcut ağı toplam değerini artırmak üzere yeniden yapılandırmaktır” (Farahani vd., 2014: 100). Ağ tasarımı problemi; kullanılacak tesis, depo ve dağıtım merkezlerinin sayısını, yerini, kapasitesini ve türünü belirlemesinin yanı sıra tedarikçiden müşteriye tüketmek, üretmek ve tedarik etmek için gereken malzeme/ürün miktarını ve dağıtım kanallarını belirler (Altıparmak vd., 2006: 197).



Karar verici, pek çok ürün için tedarik zinciri stratejisini belirlerken tedarik zincirinin tepkiselliği ile etkinliği arasında bir seçim yapması gerekmektedir (Scudder ve Blackburn, 2009: 129). Bu seçim, ürünün üretim ve teslimat zaman aralığı içerisinde nasıl değer değiştirdiğine bağlıdır (Scudder ve Blackburn, 2009: 129). Son ifadeden yola çıkılırsa bozulabilir ürünler için ürün değerinin zamana bağlı bir şekilde değiştiği söylenebilir. Ayrıca, bozulabilir ürünler gerek saklama koşulları bakımından gerekse taşıma koşulları bakımından diğer ürünlere göre farklılık göstermektedir. Bu farklılık, elde bulundurma maliyeti ve taşıma maliyetlerine önemli derecede yatırım yapılmasını gerektirmektedir.

Kan ve kan ürünleri bozulabilir ürünler sınıfındadır. Bu ürünlerde yaşanabilecek stoksuz kalma durumu toplumsal açıdan ölüm oranlarının yükselmesi gibi oldukça yüksek maliyetlere neden olmaktadır (Beliën ve Forcé, 2012: 1). Ülkemizde kan ve kan ürünleri tedarik zincirinden, 2005 yılında “Güvenli Kan Temini Programı” kapsamında Sağlık Bakanlığı himayesinde sorumlu tek kuruluş olarak Türk Kızılayı yetkilendirilmiştir (Türk Kızılayı, 2019). Kızılay, ülke kan ihtiyacının hâlihazırda %81’ini karşılayabilmekte (Türk Kızılayı, 2019) ve dolayısıyla bu durum kan ve kan ürünleri için yeterli talebi karşılayamama riskini ortaya çıkarmaktadır. Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı, farklı işlevleri olan paydaşlardan oluşmaktadır. Kan tedarikiyle ilgili izlenecek politikalar ürün israfı ve stoksuz kalma riski ile doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla, kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağındaki her paydaşın kan ve kan ürünlerini etkili ve verimli kullanacak şekilde bir planlanma yapması gerekmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, kan ürünleri taleplerine hızlı bir şekilde cevap verecek yeni bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ modeli geliştirmek olarak belirlenmiştir. Geliştirilen modelin uygulama alanı Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi seçilmiştir. Bu kapsamda Trabzon ilinde bulunan Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi’ne bağlı Trabzon, Giresun, Rize, Gümüşhane ve Artvin illeri üzerinden çalışma gerçekleştirilmiştir. Bölgeye bağlı 37 adet transfüzyon merkezi ve Giresun, Rize, Gümüşhane ve Artvin illerinde birer tane olmak üzere 4 adet kan bağış merkezi bulunmaktadır.

Bölge kan merkezi, kan ve kan ürünleri tedarik zincirinde dağıtım, üretim ve koordinasyon gibi roller üstlendiğinden görevi oldukça zor ve karmaşıktır. Tek merkezli bu yaklaşım modelinin zamanla büyüyen bölge ihtiyaçlarına cevap vermesi oldukça zorlaşacaktır. Dolayısıyla bu çalışmada, tedarik zinciri koordinasyonun yine bölge kan merkezinde olduğu ve bünyesinde ürün dağıtım ve toplama işlevini üstlenen yerel kan merkezlerinin bulunduğu tek koordineli çoklu dağıtım merkezi modeli önerilmiştir. Bu modelin mevcut kan ve kan ürünleri tedarik zinciri modelinden farkı, bölge kan merkezi bünyesinde yerel kan merkezleri açarak ürün dağıtım ve toplama işinin büyük kısmını bu merkezler üzerinden yürütmesidir. Böylece, hem güvenli kan tedariki politikasına uygun dağıtım sağlanacak hem de ürün imha miktarında iyileşme sağlanacaktır.

Literatür incelendiğinde, kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımına yönelik yapılan çalışmalarda son üç yılda önemli bir artış olduğu gözlenmiştir. Ancak yaşanan bu artışa rağmen yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, Türkiye’de yapılan kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı ilgili çalışmaların da az sayıda olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, bu çalışma hem alandaki boşluğu doldurması bakımından hem de yeni bir model geliştirilmesi bakımından önemli ve özgün görülmektedir.

Önerilen tedarik zinciri ağ tasarımı modeli, Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama olarak modellenmiştir. Önerilen modelin çözümü için sezgisel bir teknik olan Genetik Algoritma geliştirilmiştir. Genetik Algoritma’nın geleneksel arama algoritmalarına göre daha hızlı ve yaygın bir uygulama alanı vardır (Ying-Hua, 2010: 6020). Bu yaygın alanlardan bir tanesi olan tedarik zinciri ağ tasarımı optimizasyonu problemlerinde de Genetik Algoritma bazlı algoritmalar kullanılmaktadır (Altıparmak vd., 2006; Altıparmak vd., 2009; Ying-Hua, 2010). Dolayısıyla, modelin çözümü için Genetik Algoritma yaklaşımı tercih edilmiştir. Diğer taraftan, çalışmanın verileri Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi’nden ve yönlendirdiği firmalardan temin edilmiştir. Ayrıca, uzaklık ve buna bağlı zaman verileri ise Bing Haritalar üzerinden sağlanmıştır.

Çalışmanın hedefleri doğrultusunda, ilk bölümde tedarik zinciri ağ tasarımı bahsedilmiştir: Bu kısımda ilk olarak tedarik zinciri kavramından, tedarik zinciri yönetiminden ve tedarik zinciri planlamasından bahsedilmiştir. Ardından tedarik zinciri ağ tasarımı hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde, ilk önce kan ve kan ürünleri tedarik zinciri hakkında bilgilere yer verilmiştir. Ardından kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı hakkındaki güncel verilerden, zincirdeki paydaşların neler olduğundan ve çalışmanın konusu olan Türk Kızılayı kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ yapısından bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, konu ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. Bu bölümde literatür araştırması iki aşamada incelenmiştir. Birinci aşamada tedarik zinciri ağ tasarımı üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. İkinci aşamada ise kan ve kan ürünleri tedarik zinciri hakkında yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, önerilen matematiksel model ve bu modelin çözüm yaklaşımından bahsedilmiştir. Bölümün ilk aşamasında çalışma amaçları doğrultusunda Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama modeli geliştirilmiştir. Daha sonra, ikinci aşamada ise geliştirilen bu matematiksel modelin çözümü için sezgisel bir yaklaşım olan Genetik Algoritma’dan bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde, çalışmanın uygulama aşamalarına yer verilmiştir. Bu bölümde ilk olarak modelin Genetik Algoritma’ya nasıl uyarlandığı hakkında bilgiler sunulmuştur. Ardından, modelde

ne tür verilerin kullanıldığı ve bu verilerin nasıl temin edildiğinden bahsedilmiştir. Sonrasında, önerilen matematiksel modelin geçerliliği ve geliştirilen Genetik Algoritma'nın çözüm için uygunluğu test edilmiştir. Son olarak, elde edilen veriler için önerilen model çalıştırılmış ve bu işleme dair bulgular ortaya konmuştur. Ayrıca, değişen çevre koşullarında modelin tepkisini ölçmek için duyarlılık analizine de yer verilmiştir.

Son kısımda ise çalışmanın sonuç ve önerileri hakkındaki bilgilere yer verilmiştir. Çalışma neticesinde elde edilen bulgulardan yola çıkılarak genel bir değerlendirme yapılmış ve çalışmada karşılaşılan kısıtlardan bahsedilerek gelecek çalışmalar için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.



## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

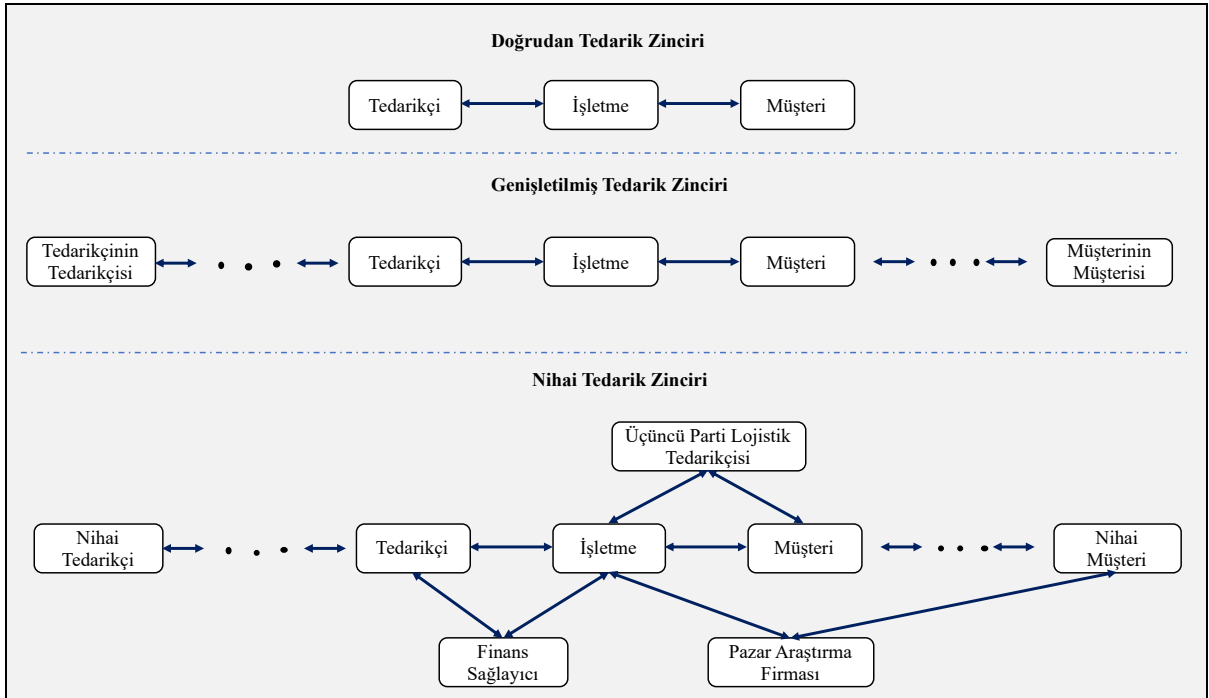
#### 1.1. Tedarik Zinciri

Bir tedarik zinciri, tesisleri, tedarikçileri, müşterileri, ürünleri ve stok kontrol yöntemlerini, satın almayı ve dağıtımı kapsayan bir kümedir (Altıparmak vd., 2006: 196). Tedarik zinciri, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla üreticiyi ve onun tedarikçilerinin yanı sıra taşıyıcıları, toptancıları, perakendecileri ve müşterileri gibi doğrudan veya dolaylı olarak yer alan tüm partileri kapsar (Chopra ve Meindl, 2007: 3). Başka bir tanımla tedarik zinciri, ham maddenin nihai ürünlere dönüştürülmesi, kaynaktan parça ve son montaj üretiminin gerçekleştirilmesi ve nihai pazara dağıtılması için ihtiyaç duyulan tüm malzemelerin taşınması ve depolanması faaliyetlerini kapsar (Zijm vd., 2019: 33). Mentzer vd. (2001: 4) ise tedarik zincirini, bir kaynaktan bir müşteriye ürün, hizmet, finans ve bilgi akışı sürecinde doğrudan yer alan üç veya daha fazla varlığı içeren bir topluluk olarak tanımlamıştır. Son tanımdan yola çıkarak Mentzer vd. (2001: 4) tedarik zinciri ilişki yapısını; “doğrudan tedarik zinciri”, “genişletilmiş tedarik zinciri” ve “nihai tedarik zinciri” olmak üzere üç aşamada incelemiştir (Şekil 1):

- *Doğrudan tedarik zinciri*, işletme, tedarikçi ve müşteri arasında ürün, hizmet, finans, bilgi akışının yukarı ve aşağı yönlü gerçekleştiği sistemdir.
- *Genişletilmiş tedarik zinciri*, tedarikçinin tedarikçileri ve müşterinin müşterileri arasında ürün, hizmet, finans, bilgi akışının yukarı ve aşağı yönlü gerçekleştiği sistemdir.
- *Nihai tedarik zinciri*, nihai tedarikçiden nihai müşteriye kadar olan tüm ürün, hizmet, finans, bilgi akışının yukarı ve aşağı yönlü sürecine dahil olan tüm kuruluşları içeren sistemdir.

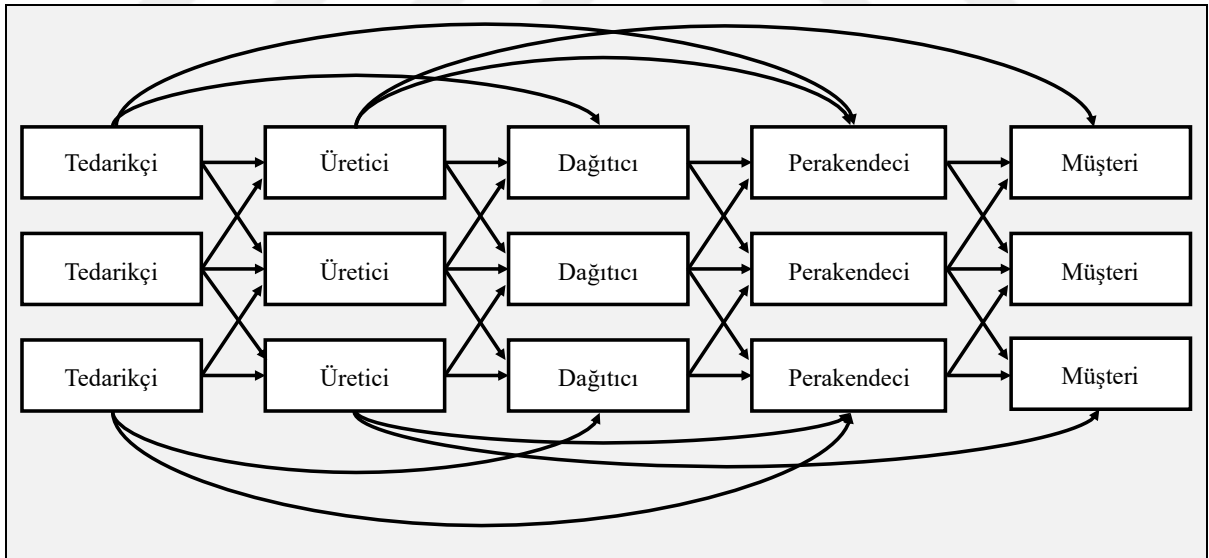
Genel bir tedarik zinciri sürecinde, tedarik edilen ham maddeler bir ya da birkaç fabrikada ürüne dönüştürülür, dönüştürülen ürünler geçici stoklanma için depolara gönderilir ve son olarak stoklanan ürünler de perakendeci veya müşterilere ulaştırılır (Simchi-Levi vd., 2009: 1). Tedarik zinciri çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Bu aşamalar ise tedarikçilerden, üreticilerden, toptancılardan/dağıtıcılardan, perakendecilerden ve müşterilerden oluşmaktadır (Chopra ve Meindl, 2007: 4-5). Tedarik zincirinin aşamalarına ilişkin gösterim Şekil 2’de verilmiştir.

**Şekil 1: Tedarik Zinciri İlişki Yapısı**



Kaynak: Mentzer vd., 2001: 5

**Şekil 2: Tedarik Zinciri Aşamaları**



Kaynak: Chopra ve Meindl, 2007: 5

Tedarik zincirinin aşamalarında yer alan üreticiler, toptancılar/dağıtıcılar, perakendeciler, müşteriler ve hizmet sağlayıcıları zincirin birer üyesi olarak tanımlanır. Bu üyelerin kendilerine özgü işlevleri vardır (Hugos, 2018: 24-26):

1. **Üreticiler:** Ürün üreten organizasyonlardır. Bu organizasyonlar ham madde üreticilerinden bitmiş ürün üreticilerine kadar olan üretim organizasyonlarını kapsar. Ham madde üreticileri, madeni ürünler için madencilik yapan, petrol ve gaz için kuyu açan ve kereste doğramacılığı yapan kuruluşlardır. Buna ek olarak, tarım yapan, hayvan büyüten veya deniz ürünleri avlayan kuruluşları da içerir. Bitmiş ürün üreticileri ise ürünlerini oluşturmak için diğer üreticilerin ürettiği ham maddeleri ve alt montaj parçalarını kullanır.
2. **Dağıtıcılar:** Üreticilerden toplu olarak ürünler alan ve müşterilere bir dizi ürün yelpazesi sunan işletmelerdir. Dağıtıcılar, toptancılar olarak da bilinir. Genellikle, tek bir tüketicinin satın alacağı miktardan çok daha büyük miktarda ürünü işletmelere satarlar. Dağıtıcılar ürünleri stoklamak, müşterileri bulmak ve hizmet vermek için yapılan satış çalışmalarının çoğunu yaparak, üreticileri ürün talebindeki dalgalanmalardan korur. Müşteriler için, dağıtıcılar “zaman ve yer” işlevini yerine getirir; müşterinin istediği yerde ve zamanda ürünleri teslim eder.
3. **Perakendeciler:** Ürünleri stoklayan ve halka daha küçük miktarlarda ürün satan işletmelerdir. Bu organizasyon, aynı zamanda, müşteri tercihlerini ve taleplerini yakından takip eder. Müşterilerine ürün satmak için sık sık farklı fiyat, ürün seçimi ve hizmet kombinasyonları kullanırlar. İndirim yapan mağazalar, fiyatı ve geniş ürün yelpazesini kullanarak müşterileri çekmektedir. Lüks özel mağazalar, benzersiz bir ürün yelpazesi ve yüksek hizmet seviyesi sunmaktadır.
4. **Müşteriler:** Müşteriler veya tüketiciler, bir ürünü satın alan ve kullanan herhangi bir organizasyon ya da kişidir. Bir müşteri, bir ürünü kendi müşterilerine sattığı başka bir ürüne dahil etmek için satın alabilir veya ürünü tüketmek için satın alan son kullanıcı olabilir.
5. **Hizmet sağlayıcılar:** Üreticilere, dağıtıcılara, perakendecilere ve müşterilere hizmet veren organizasyonlardır. Hizmet sağlayıcılar, bir tedarik zincirinin ihtiyaç duyduğu özel uzmanlık ve beceriler gerektiren belirli işlerde kendilerini geliştirmiştir. Bu nedenle, bu hizmetleri daha etkin ve üreticilerin, dağıtıcıların, perakendecilerin veya tüketicilerin kendilerinin yapabileceklerinden daha iyi bir fiyata gerçekleştirmektedirler. Taşımacılık, depolama ve finans hizmeti sunan organizasyonlar hizmet sağlayıcılara örnek verilebilir.

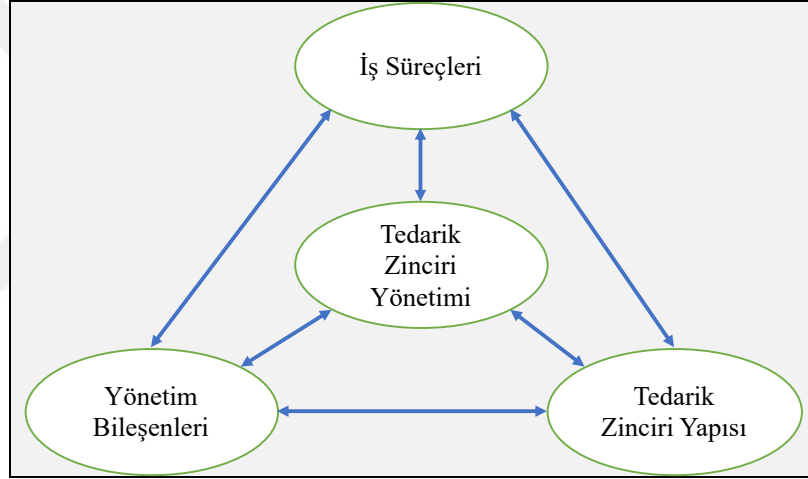
Tedarik zinciri iş süreçlerini savunanlar, verimliliği önemli derecede artırmanın yolunun işletme sınırları içerisindeki ilişkilerin, bilginin ve malzeme akışının yönetilmesinden geçeceğini fark etmişlerdir (Zigiaris, 2000: 2). Böylece, tedarik zincirinin “yönetim” kavramına odaklanılmıştır. Tedarik zinciri yönetimi kavramı üzerine farklı tanımlamalar yapılmıştır. Hobbs (1996) tedarik zinciri yönetimini, tedarik zincirinin nasıl organize edileceğini ve kurumsal düzenlemelerin sektör verimliliğini, karlılığını ve rekabet gücünü nasıl etkileyeceğini inceleyen ekonomi, pazarlama, lojistik ve örgütsel davranış disiplinlerini kapsayan bir yönetim olarak ifade etmiştir (Kennett vd., 2008: 550). Westgren (1998: 519) ise tedarik zinciri yönetimini üç boyut altında toplamıştır. Bunlardan ilki ürün akışı (üretim, stok ve lojistik), ikincisi bilgi akışı (zincirdeki bağlantılar arasındaki iletişim) ve

son olarak üçüncüsü ise yönetim yapısıdır (firmalar arasındaki stratejik kararlar). Dolayısıyla tedarik zinciri yönetimi, bir ürün ya da hizmetin hedefine ulaşması için başlangıçtan nihai müşteriye kadar olan süreçlerin etkili ve verimli bir şekilde yürütülmesini kapsayan zorlu bir süreçtir.

Cooper vd. (1997: 5) tedarik zinciri yönetimi yapısının, birbiriyle yakın ilişkisi olan iş süreçleri, yönetim bileşenleri ve tedarik zinciri yapısı olmak üzere üç büyük boyuttan meydana geldiğini ifade etmişler (Şekil 3) ve bu boyutları şöyle açıklamışlardır:

- *İş süreçleri*, müşteri için belirli bir değer çıktısı üreten faaliyetler dizisidir.
- *Yönetim bileşenleri*, iş süreçlerinin yapılandırıldığı ve yönetildiği bileşenlerdir.
- *Tedarik zinciri yapısı*, tedarik zinciri içinde şirketlerin konumu ve yapısıdır.

**Şekil 3: Tedarik Zinciri Yönetim Boyutları ve İlişkileri**



Kaynak: Cooper vd., 1997: 6

Tedarik zinciri yönetimi; işletme sermayesini azaltma, bilanço dışı varlıklar alma, nakit döngüsünü hızlandırma, stokların devrini artırma gibi eylemlerle kurumsal stratejik hedeflerin gerçekleştirilmesine yardımcı olacak bir araçtır (Zigiaris, 2000: 7). Şirketler bu stratejik hedefleri gerçekleştirmek amacıyla tedarik zinciri içindeki kararlarını bireysel veya toplu olarak beş ana faktör üzerinden gerçekleştirirler (Hugos, 2018: 5-6):

1. **Üretim:** Pazarın talep ettiği ürünlerin neler olduğu, bu ürünlerin üretimlerinin ne zaman yapılması gerektiği ve miktarlarının ne kadar olması gerektiği sorularına cevap aranır. Üretim süreci ana üretim programları doğrultusunda gerçekleştirilir. Ana üretim programları tesis kapasiteleri, kalite kontrolü, iş yükü dengelemeleri ve ekipman bakımları dikkate alınarak oluşturulur.

2. **Stok:** Tedarik zincirinin hangi aşamasında hangi üründen stok yapılması gerektiği araştırılır. Ham madde, yarı mamul veya mamul cinsinden ne kadar ürünün stoklanacağı hakkında karar verilir. Stok bulundurma sayesinde tedarik zincirinde yaşanabilecek olası bir belirsizliğe karşı önlem alınır. Ancak, stok bulundurma maliyetlidir. Bu maliyeti olabildiğince düşürebilmek için ürünlerin optimal stok seviyeleri ve yeniden sipariş noktaları belirlenir.
3. **Yer:** Ürünün üretim yerinin ve depolanma tesislerinin nerede açılması gerektiği belirlenir. Belirlenen bölgede ürünün üretimini ve stoklanmasını yapmak için uygun maliyetli tesis yeri alternatifleri değerlendirilir. Ayrıca, mevcut tesislerden faydalayıp faydalanılmayacağı ve yeni tesislerin açılıp açılmayacağı konusu da incelenir. Bu süreçlerin ardından, ürünün nihai tüketiciye teslimatı için olası rotalar belirlenir.
4. **Taşımacılık:** Tedarik zincirindeki ürünlerin bir noktadan başka bir noktaya nasıl taşınacağı konusu araştırılır. Karayolu ve havayolu taşımacılığı genellikle denizyolu ve demiryolu taşımacılığına göre oldukça hızlı ve güvenilir ama pahalıdır. Denizyolu ve demiryolu taşımacılığı ise daha uzun taşıma süreleri ve daha fazla belirsizlik içerir. Bu belirsizlik ise daha fazla ürün stoku bulundurmayı gerektirir. Dolayısıyla, hangi taşımacılık türünün ne zaman kullanılması gerektiği iyi belirlenmelidir.
5. **Bilgi:** Hangi ürün hakkında ne kadar veri toplanacağı ve bu verilerin hangi oranda paylaşılacağı konusu araştırılır. Doğru zamanda toplanan doğru bilgiler sayesinde daha kolay bir şekilde tedarik zincirinin koordinasyonu sağlanır ve daha doğru kararlar alınır. Yeterli bir bilgi ile nelerin üretileceği, ne kadar ürünün nerede stoklanacağı ve bu ürünlerin taşınması için en uygun taşımacılık türünün ne olacağı konusunda etkili kararlar alınabilir.

Tedarik zinciri yönetimi süreçlerinin en önemli unsurlarından biri de tedarik zinciri planlamasıdır. Tedarik zinciri planlaması, ürünün üretilmesinden tüketimine kadar olan işletmenin anahtar faaliyetlerinin entegrasyonunu ve koordinasyonunu kapsar (Kabak ve Ülengin, 2011: 253). Tedarik zinciri yöneticileri bu faaliyetlerin düzenli bir şekilde ilerlemesi için kısa, orta ve uzun dönemli planlamalar yaparlar. Planlama döneminin uzunluğuna ve alınacak kararların önemine göre, planlama görevleri genellikle üç farklı planlama düzeyinde sınıflandırılır (Anthony, 1965'ten aktaran Stadtler vd., 2015: 72):

- **Uzun vadeli planlama:** Gelecekte bir işletme veya tedarik zincirinin gelişimi için ön koşulları oluşturmaya çalışan planlama türüdür. Bu planlama türü genellikle bir tedarik zincirinin tasarımı ve yapısı ile ilgilidir. Etkileri ve fark edilmesi ancak birkaç yılı bulabilen uzun vadeli planlamalardır.
- **Orta vadeli planlama:** Bu planlama türü tedarik zincirindeki düzenli faaliyetlerin, başta akışlar ve kaynaklar için gereken zaman ve miktarlar olmak üzere ana hatlarını belirler.

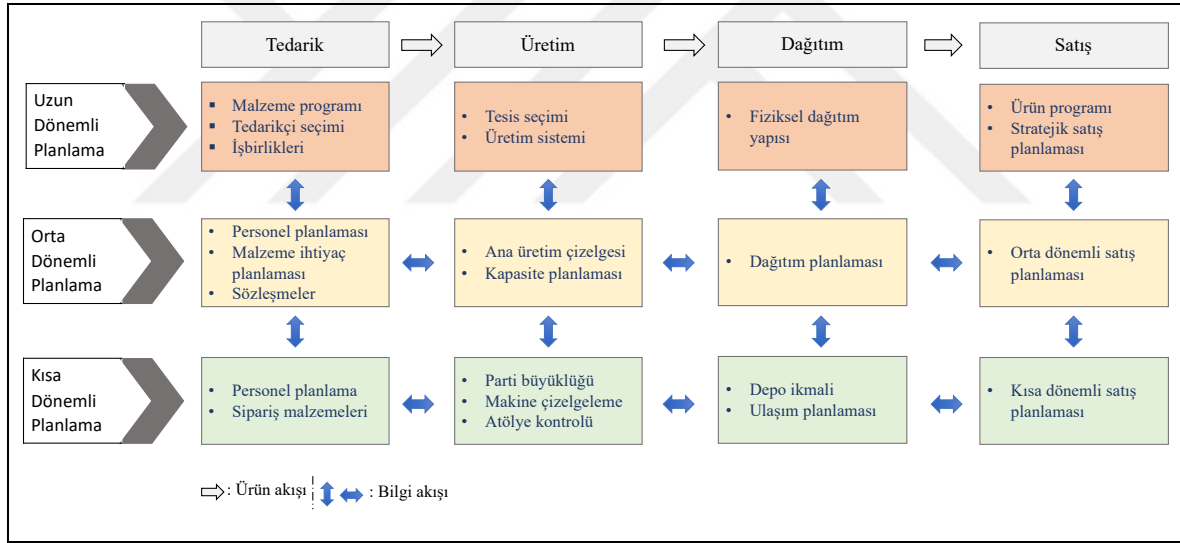


Planlama dönemi 6 ile 24 ay arasında değişmektedir. Bu durum talep gibi mevsimsel gelişmelerin göz önünde bulundurulmasını sağlamaktadır.

- **Kısa vadeli planlama:** En düşük planlama seviyesidir. Tüm faaliyetleri anında yürütmek ve kontrol etmek için ayrıntılı talimatlar içermektedir. Bu nedenle, kısa vadeli planlama modelleri en yüksek derecede ayrıntı ve doğruluk gerektirir. Planlama dönemi birkaç gün ile 3 ay arasındadır. Kısa vadeli planlama yapı ve niceliksel kapsam kararları ile sınırlandırılmıştır. Bununla birlikte, tedarik zincirinin performansını etkileyen teslim süreleri, gecikmeler, müşteri hizmetleri ve diğer stratejik konular gibi önemli faktörlere sahiptir.

Stadtler vd. (2015: 77) kısa, orta ve uzun vadeli planlama aşamalarında yapılan planlama türlerini; ürün tedarik, üretim, dağıtım ve satış boyutları şemsiyesi altında değerlendirmiştir. Nihayetinde oluşturulan Tedarik Zinciri Planlama Matrisi Şekil 4'te verilmiştir.

**Şekil 4: Tedarik Zinciri Planlama Matrisi**



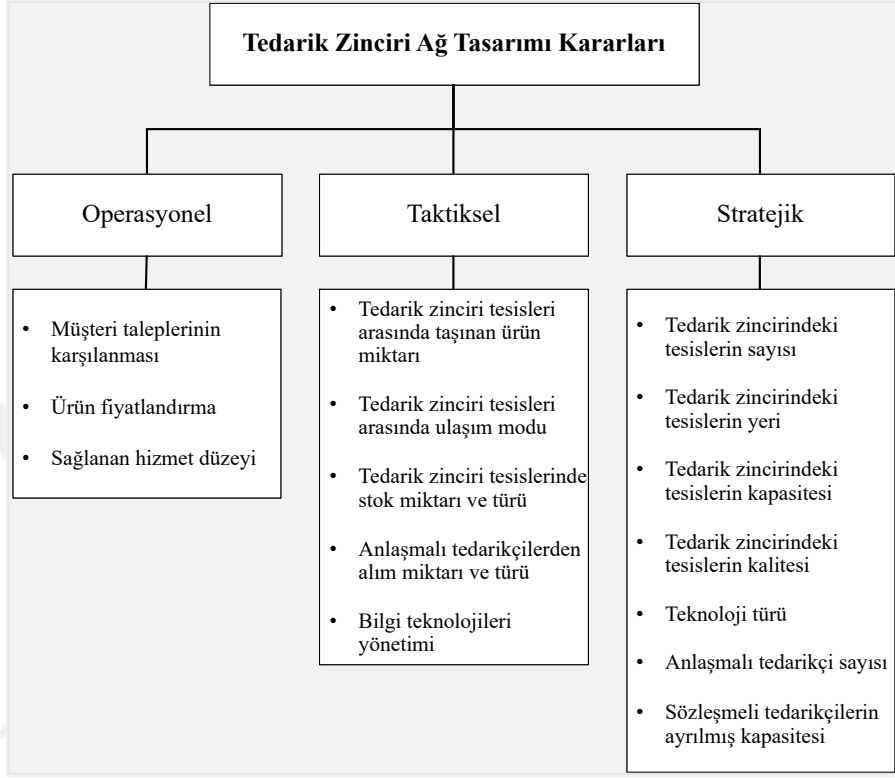
Kaynak: Stadtler vd., 2015: 77

## 1.2. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı

Karar vericiler planlama yaparken işletmenin pazar içindeki konumunu iyileştirecek ve bunu yaparken en az maliyetle bu işin altından kalkacak kararlar vermek zorundadırlar. Bu kararlardan bir tanesi de tedarik zinciri ağ tasarımının nasıl olacağına dair kararlardır. Bu kararlar, tedarik zincirinin kaç aşamalı olacağı, tesis yeri seçiminin neresi olacağı, her bir aşamadaki tesis kapasitesinin seviyesinin ne olacağı gibi konuları barındırır (Farahani vd., 2014: 100). Tedarik zinciri ağ tasarımı kararları; operasyonel, taktiksel ve stratejik kararlar olmak üzere üç başlık altında değerlendirilir

(Farahani vd., 2014: 100). Bu üç seviye kararlarına ilişkin en yaygın karar türleri Şekil 5'te verilmiştir.

**Şekil 5: Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Karar Türleri**



Kaynak: Farahani vd., 2014: 95

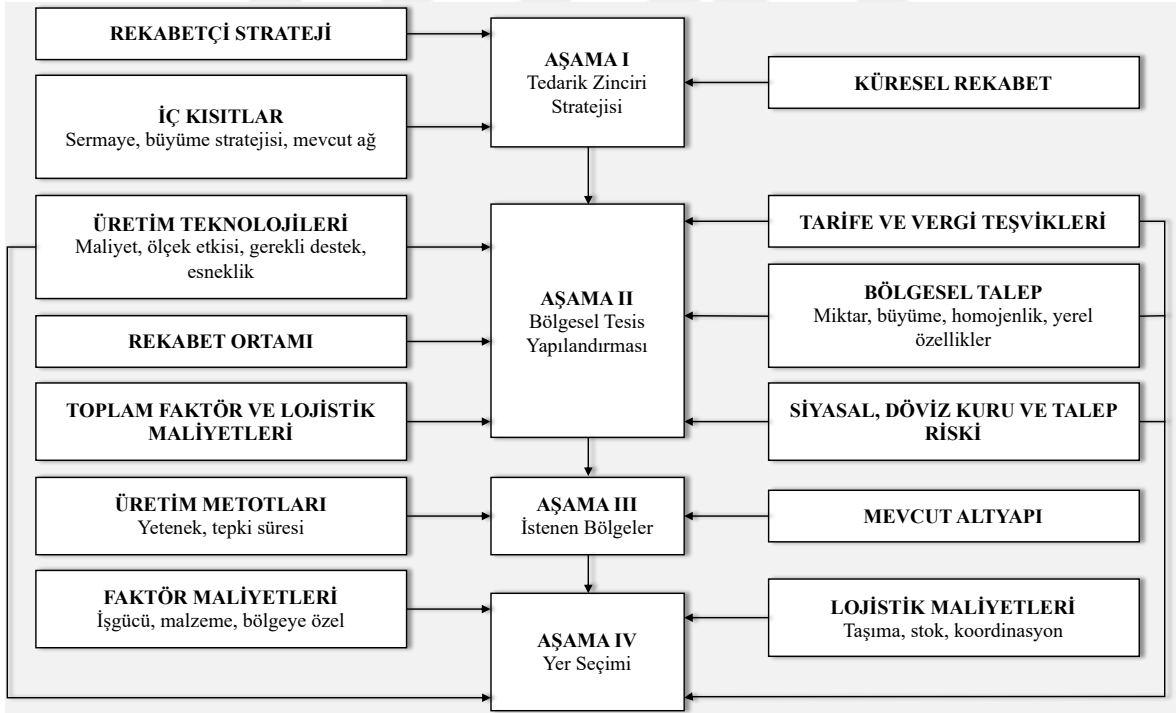
Tedarik zinciri ağ tasarımına ilişkin alınacak kararlar, tedarik zinciri performansını doğrudan etkiler. Doğru kararların alınması ise tasarım aşamasında birçok faktörün dikkate alınmasını gerektirmektedir. Yer seçimi gibi stratejik faktörler, üretime ilişkin teknolojik faktörler, vergi ve döviz kuru gibi makroekonomik faktörler, siyasi faktörler, altyapı faktörleri ve rekabet faktörleri tedarik zinciri ağ tasarımına yönelik alınacak kararlara etki eden en yaygın faktörlerdir (Chopra ve Meindl, 2007: 115-120). Bu faktörler göz önüne alınarak, Şekil 6'da verilen dört aşama içerisinde tedarik zinciri ağ tasarımı kararları belirlenir (Chopra ve Meindl, 2007: 122-123):

- **Aşama I:** Bu aşamada, tasarlanacak olan tedarik zincirinin sınırları tanımlanır. İlk olarak, işletmenin rekabet stratejisi belirlenir. Rekabet stratejisi, tedarik zincirinin müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tanımlanmalıdır. Ardından, bu stratejiyi destekleyecek tedarik zinciri ağı kabiliyetlerinin neler olması gerektiği belirlenir. Daha sonra, her bir pazardaki gerek yerel gerekse küresel rakipler belirlenir. Bunun yanında, küresel rekabetin gelişimi de tahmin edilmeye çalışılır. Son olarak, yöneticiler tarafından eldeki kaynaklar değerlendirilir. İşletmenin sahip olduğu mevcut sermaye, tesisler, ortaklar, yapılacak olan

yeni tesisler ve ortaklıklar ile başarılı olup olamayacağı değerlendirilir. Bu aşamada, bahsedilen bu bilgilerden yola çıkılarak tedarik zinciri stratejisi oluşturulur.

- **Aşama II:** Bu aşamada bölgesel tesis yapılandırılması konu alınır. İlk olarak, talepler tahmin edilmeye çalışılır. Taleplerin büyüklüğü, homojenliği ya da değişkenliği hakkında bilgi edinilir. Sonraki adımda, eldeki mevcut üretim teknolojisi ile ölçek ekonomisinin maliyetleri iyileştirip iyileştirmediği belirlenir. Ardından, farklı bölgesel pazarlar için talep, kur ve siyasi riskler belirlenir. Ayrıca, her bir pazar için vergiler, teşvikler, yerel üretim için ihtiyaçlar, ithalat ve ihracat kısıtları belirlenir. Sonra, her bir pazardaki rakipler belirlenir. Kurulacak yeni bir tesisin rakip işletmeye yakın olup olmayacağı tartışılır. Son olarak, talebi karşılama süresi ile lojistik maliyetler arasında bir denge kurulmaya çalışılır.
- **Aşama III:** Bu aşamada tesis kurulumu için her bir bölgede potansiyel tesis yerlerinin belirlenmesi amaçlanır. Potansiyel bölgenin sahip olduğu altyapının istenen üretim metodunu ne kadar desteklediği analiz edilir.
- **Aşama IV:** Bu aşamada hem lojistik hem de iş gücü gibi diğer maliyet faktörleri dikkate alınarak nihai tesis yeri ve kurulacak tesisin kapasitesi belirlenir.

**Şekil 6: Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Karar Aşamaları**



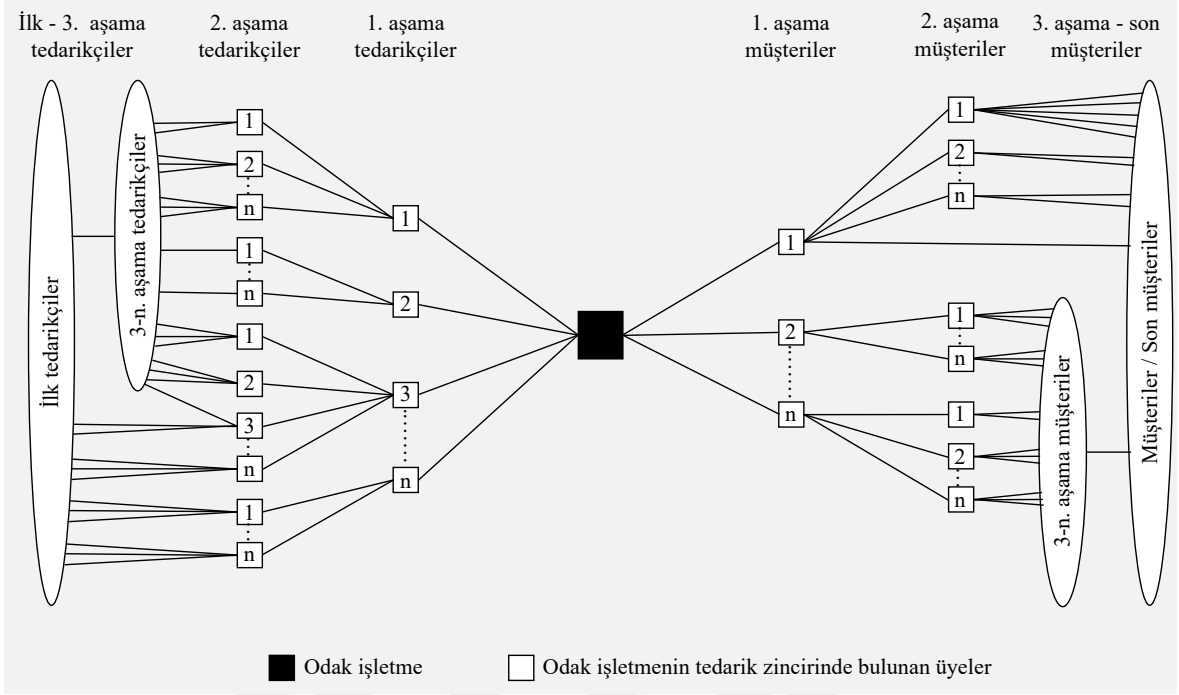
Kaynak: Chopra ve Meindl, 2007: 122

Tedarik zinciri ağ yapısının tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken boyutlar Lambert vd. (1998: 5-9) tarafından aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

- **Tedarik zincirinin üyelerinin belirlenmesi:** Tedarik zinciri ağında kimlerle çalışılacağı konusuyla ilgilidir. Çalışılacak her bir üye ya doğrudan ya da dolaylı bir şekilde tedarik zincirine etki edecektir.
- **Tedarik zinciri ağ yapısının boyutu:** Tedarik zincirinin büyüklüğü ile ilgilidir. Bu kısım ise yatay yapı, dikey yapı ve yatay pozisyon olmak üzere üç başlık altında değerlendirilir. *Yatay yapı* tedarik zincirinin kaç aşamadan oluşacağı, *dikey yapı* aynı aşamada bulunan üyelerin sayısı ve *yatay pozisyon* ise merkezi işletmenin tedarik zincirindeki yerinin nerede konumlandırılacağı ile ilgili kararları kapsamaktadır.
- **Üyeler arasındaki bağlantı tipi:** Bu faktör ise tedarik zincirindeki merkezi işletme ile zincirdeki üyeler arasındaki iş bağlantıları hakkındaki bilgileri kapsamaktadır. Bu bağlantı tipleri yönetilen, izlenen, yönetilmeyen ve üye olmayan olmak üzere dört boyut altında değerlendirilir. *Yönetilen bağlantı*, merkezi işletmenin zincirdeki üyelerle doğrudan ilişki kurduğu ve yönettiği süreçtir. *İzlenen bağlantı*, merkezi işletmenin bağlantı kurduğu üyelerin zincirdeki başka üyelerle kurduğu bağlantılardır. Bu tür ikincil bağlantılar merkezi işletme için kritik seviyede olmasa da zincirin bir arada tutulması ve yönetilmesi bakımından önem arz etmektedir. *Yönetilmeyen bağlantı*, merkezi işletme tarafından izlenmesi için yeterli kritik öneme sahip olmayan bağlantılardır. Bu bağlantı türlerinde merkezi işletme aktif olarak rol almaz, bunun yerine, bu ilişkinin yönetilmesini diğer üyelere bırakılır. Son olarak *üye olmayan bağlantı* ise zincirdeki üyeler ile zincir dışındaki birimler arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Tüm bu bilgilerden yola çıkılarak tedarik zinciri ağ tasarımı için çeşitli karar türleri, aşamalar ve boyutlar olduğu görülmektedir. Tedarik zinciri ağ tasarımı yapılırken yöneticilerin operasyonel, taktiksel ve stratejik kararlarını belirlemesi gerekir. Bu kararların alınması aşamasında ise rekabet ortamı, lojistik maliyetleri, mevcut tesisler, altyapı ve üretim teknolojileri gibi çeşitli faktörler göz önünde bulundurulur. Bunun dışında, tedarik zinciri ağının boyutu ve zincir içindeki üyeler arasındaki ilişkiler belirlenir. Tedarik zinciri ağ yapısına ilişkin örnek bir gösterim Şekil 7’de verilmiştir. Buna göre bir tedarik zinciri ağının, odak (merkez) işletmenin çevresinde toplanmış üyelerden ve bunlar arasındaki ilişkilerden oluştuğu görülmektedir. Tedarik zinciri ağı aşamalarında tedarikçiler ve müşteriler yer almaktadır. Zincirin ilk aşamasındaki ilk tedarikçi ile son aşamasındaki son müşteri dışında her tedarikçinin bir tedarikçisi ve her müşterinin bir müşterisi bulunmaktadır. Zincirdeki tüm üyeler arasında doğrudan ya da dolaylı ilişkiler kurulmuştur. Çalışmanın tedarik zinciri kısmında bahsedildiği gibi zincir üyeleri ise tedarikçiler, üreticiler, toptancılar/dağıtıcılar, perakendeciler, müşteriler ve hizmet sağlayıcılardan oluşmaktadır.

Şekil 7: Tedarik Zinciri Ağ Yapısı



Kaynak: Lambert vd., 1998: 3

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. KAN VE KAN ÜRÜNLERİ TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

#### 2.1. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri

Tedarik zinciri ağ kararlarını verme süreci, bozulabilir ürün gibi raf ömrü kısa ve özel saklama koşulları gerektiren ürünler söz konusu olduğunda daha karmaşık olmakta ve daha fazla dikkat gerektirmektedir. Bu ürünlerin tedarikinde yeni yasal süreçlerin ortaya çıkması, müşteri taleplerinin değişkenlik göstermesi ve en önemlisi bozulabilir ürünlerin çoğunun kısa bir yaşam döngüsüne sahip olması bu sürecin yönetimini daha da zorlu hale dönüştürmektedir (Aung ve Chang, 2014: 199).

Bozulabilir ürünler çevresel şartlardan doğrudan etkilenen ürünler olduğundan yüksek teknolojiye sahip bir altyapı gerektirmektedir. Aksi halde, ilaç ve aşı gibi bozulabilir ürünlerin eksikliği ya da kalitesizliği bunları tüketen tüketicinin ölümüyle sonuçlanabilir (Nagurney vd., 2012: 206). Bir işletmenin stratejik, taktiksel ve operasyonel seviyede karar verirken klasik tedarik zinciri yönetiminden farklı olarak bozulabilir ürünler için aşağıdaki nedenlerden dolayı karşılaştığı kendine özgü zorlukları vardır (Masoumi, 2013: 2-3):

- **Taşıma ve depolama:** Bozulabilir ürünlerin, son tüketim tarihlerine kadar ürün kalitesini muhafaza edebilmek için dikkatli bir şekilde elleçlenmesi, özel taşıma ekipmanları ile soğuk hava depolarının kullanılmasını gerektirmektedir.
- **Stok yönetimi:** Tedarik zincirinde bozulabilir ürünlerin bozulmalarını minimize edecek ya da raf ömürlerini geçirmeyecek şekilde stok izleme ve yeniden sipariş verme tekniklerine ihtiyaç vardır.
- **Ürün güvenliği:** Bozulabilir ürünler sık sık ürün tazeliğini kaybetmekle kalmaz aynı zamanda raf ömrü süresinde dağıtılmayan ya da kullanılmayan ürünler zararlı hale gelir.
- **Atık bertaraf maliyeti:** Atık ya da bozulan ürünleri bertaraf etmek firmalara ek maliyet gerektirir.
- **Çevresel etki:** Üretilen atıklar potansiyel zararlı atıklar olabileceğinden toprak, hava ve su gibi kirliliklere neden olabilmektedir.

Bozulabilir ürünler küresel pazarda kayda değer bir paya sahiptir. Dondurulmuş gıda ürünlerinin küresel pazar payının 2020 yılına kadar 306 milyar \$'a ulaşması ve 2015-2020 yılları

arasında %4,1'lik bir büyüme kaydetmesi beklenmektedir (Upadhyay, 2019). Başka bir bozulabilir ürün olan ilaç sektörünün küresel bazda pazar payının 2020 yılında 1,6 trilyon \$ olması beklenmektedir (PwC, 2019).

Oldukça büyük pazar payına sahip olan bozulabilir ürünler için alınacak kararlar işletmeyi ciddi bir şekilde etkileyeceğinden bu durum karar vermeyi zorlu bir hale dönüştürecektir. Karar vericiler, bozulabilir ürünlerin üretim ve dağıtım süreci boyunca sık sık bozulabileceğini hesaba katmalıdırlar (H. K. Chen vd., 2009: 2311). Bozulabilir ürünler raf ömrüne ve saklama koşullarına bağlı olduğundan, bozulabilir tedarik zinciri ağ planlaması için çok daha maliyetli olmasına ve kritik stratejik kararlar alınmasına neden olacaktır.

Bozulabilir bir ürün olan kan ve kan ürünleri, kaynağı insan olan ve tedavi için bir insandan ihtiyaç sahibi olan bir diğer insana aktarılan kıt bir kaynaktır. Kan vücudumuzun tek sıvı dokusu olup bir insanda 5000 ml - 6000 ml kan sıvısı bulunmakta ve normal insan vücut ağırlığının %8'ini oluşturmaktadır (Kanver, 2019). Kanın vücutta taşıma (besin, oksijen, hormon ve atık maddeler), savunma (yabancı organizmalar) ve pıhtılaşma (damardaki sızıntıları kapama) görevleri vardır. Diğer taraftan, kan ve kan ürünleri çeşitli şekilde sınıflandırılabilir. Bunlardan en yaygın kullanılanı ABO (A, B, AB ve O) kan trombosit sistemi ile Rhesus (RH) sistemidir (Abdulwahab ve Wahab, 2014: 259). Rh, kan gruplarını pozitif (A+, B+, AB+ ve O+) ve negatif (A-, B-, AB- ve O-) olmak üzere işaretlerini atayarak sekiz gruba ayırır. Ayrıca, kanın ihtiyaç sahibi kişiye transferi Tablo 1'de verilen ilişkiye göre yapılmaktadır.

**Tablo 1: Kan Transferi İlişki Matrisi**

Donör	Talep							
	AB+	AB-	A+	A-	B+	B-	O+	O-
AB+	1							
AB-	1	1						
A+	1	0	1					
A-	1	1	1	1				
B+	1	0	0	0	1			
B-	1	1	0	0	1	1		
O+	1	0	1	0	1	0	1	
O-	1	1	1	1	1	1	1	1

0: Kan transferi yok. 1: Kan transferi var.

Kaynak: Abdulwahab ve Wahab, 2014: 260

Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri kendine özgü terminolojiye sahip olup aşağıda kan ve kan ürünlerine ilişkin kullanılan bazı kavramlar verilmiştir (Aksoy vd., 2011: 43-44):

- **Aferez:** Kan bağışçısından özel bir cihaz yardımıyla ihtiyaç duyulan kan bileşeninin ayrıştırılarak temin edilmesidir.
- **Kan bağıışı (donasyon):** Kan bağışçısı tarafından tam kan ya da bileşenlerinin verilmesi işlemidir.
- **Kan bileşenleri:** Tam kandan doğrudan, aferez ya da farklı tekniklerle elde edilen hücresel kan bileşenleri (eritrosit, trombosit, granülosit süspansiyonları vb.) ile plazmadan oluşan bileşenlerdir.
- **Kan ürünleri:** Tam kanın ayrıştırılmasından sonra elde edilen kan bileşenleri ve plazma ürünleridir.
- **Plazma ürünleri:** İnsan plazmasının bir dizi işlemde geçirilmesiyle elde edilen ürünlerin tümüdür.
- **Tam kan:** Kan bağışçısı tarafından hastalara nakil edilmesi ya da işlenerek kan bileşenlerine ayrıştırılması amacıyla verilen ve pıhtılaşmasını önlemek için uygun bir antikoagülan madde ile karıştırılmış olup hiçbir ayrıştırma sürecine dahil edilmemiş kandır.
- **Transfüzyon:** Tam kan veya bileşenlerinin ihtiyacı olan hastalara nakledilmesi işlemidir.

Tam kan ya da kan bileşeni olarak toplanan ürünlerin hastaya transferi ancak bazı şartların sağlanmasıyla mümkündür. Bu şartlar altında kan ve kan ürünleri çeşitli süreçlerden geçtikten sonra kan bileşenlerine ayrılır. Donörden alınan tam kan ya da plazma olarak alınan ürünler bazı süreçlerden geçtikten sonra Eritrosit, Trombosit ve Plazma olmak üzere üç ana bileşene ayrılır ve bunlarda çeşitli işlemlerden sonra farklı bileşenlere dönüştürülür. Bu bileşenler için farklı talep miktarları ve kullanım alanları mevcuttur (Rytilä ve Spens, 2006: 803; Randa vd., 2011: 24):

- **Eritrosit bileşenleri:** Toplam kan talebinin %60'ını oluşturmaktadır. Anemi hastalarında, prematüre bebeklerde ve önemli miktarda kan kayıplarının yaşandığı ameliyat ya da kaza gibi durumlarda kullanılır.
- **Trombosit bileşenleri:** Toplam kan talebinin %10'unu oluşturmaktadır. Kanser hastaları için veya büyük miktarda kan kayıplarının yaşandığı ameliyat ya da kaza durumlarında kullanılır.
- **Plazma bileşenleri:** Toplam kan talebinin %30'unu oluşturmaktadır. Karaciğer hastalıklarında, yanık durumlarında ve önemli miktarda kan kayıplarının yaşandığı ameliyat ya da kaza gibi durumlarda kullanılır.

Kan ve kan ürünleri tedarik zincirinde kan ve kan ürünlerinin saklanması ve taşınması bazı koşullar altında mümkündür. Tam kan ve bileşenlerinin türlerine, tanımlarına, saklanma ve taşınma koşullarına ilişkin detaylı bilgi Tablo 2'de verilmiştir.



**Tablo 2: Kan Bileşen Türleri ve Özellikleri**

Bileşen Türü	Tanım	Saklama Koşulları	Taşıma Koşulları
Tam Kan	İhtiyacı olan hastalara nakil edilmesi amacıyla kan bağışçılarından uygun şartlar altında aprotijen antikoagülan ve torba kullanılarak temin edilen ve kan bileşenlerinin ana kaynağı olan kandır.	Saklanma süresi, içerisinde kullanılan antikoagülan/koruyucu sıvıya bağlı olarak değişmekte olup saklanma sıcaklığı ise +2°C ile +6°C aralığındadır. Saklanma süresi CPDA-1 için 35 gündür. Tam kandaki gibidir.	Bağışçıdan alınan kan, sıcaklığı kontrol edilebilen ortamlarda +2°C ile +6°C arasında muhafaza edilmiştir. +10°C'yi geçmemek şartıyla en fazla 24 saat taşınabilir. Tam kandaki gibidir.
Eritrosit Süspansiyonu	Plazmanın tam kandan ayrılmasıyla elde edilen ve başka bir işleme tabi tutulmayan bileşendir.	Tam kandaki gibidir.	Tam kandaki gibidir.
Buffy Coat Uzaklaştırılmış Süspansiyonları	Tam kanın santrifüjasyonundan sonra buffy coat tabakası ile plazmanın büyük bir kısmının eritrositlerden uzaklaştırılmasıyla elde edilen bileşendir.	Tam kandaki gibidir.	Tam kandaki gibidir.
Ek Çözümlü Eritrosit Süspansiyonları	Santrifüjasyon ile tam kandan plazmanın ayrılması ve geriye kalan eritrositlere uygun besleyici bir çözeltinin eklenmesiyle hazırlanan bileşendir.	Tam kandaki gibidir.	Tam kandaki gibidir.
Ek Çözümlü Buffy Coat Uzaklaştırılmış Eritrosit Süspansiyonu	Buffy coat uzaklaştırılmış eritrosit süspansiyonlarında olduğu gibi kanın katmanlara ayrılması ve geriye kalan eritrositlere uygun besleyici bir çözeltinin yeniden süspansiyon edilmesiyyle elde edilir.	Tam kandaki gibidir.	Tam kandaki gibidir.
Yıkamış Eritrosit Süspansiyonu	Santrifüjasyon ile tam kandan plazmanın ayrılması ve izotonik bir çözelti kullanılarak geriye kalan eritrositlerin yıkanmasıyla edilen bileşendir.	Saklanma sıcaklığı +2 °C ile +6 °C arası olmalıdır. Yıkama sonrası saklama süresi açık sistem kullanıldığında 24 saati geçmezken kapalı sistem kullanıldığında bu süre uygun bir ek çözelti ile uzatılabilir. Tam kandaki gibidir.	Kısa saklama süresi ve saklama koşulları, taşıma koşulları için de geçerlidir. Sıcaklık ve zaman kontrol altında tutulmalıdır. Tam kandaki gibidir.
Lökositi Eritrosit Azaltılmış Eritrosit Süspansiyonu	Bileşen, lökositlerin büyük bir kısmının eritrosit süspansiyonundan filtrelenmesiyle geriye kalan süspansiyondur.	Tam kandaki gibidir.	Tam kandaki gibidir.
Eritrosit Süspansiyonu: Aferez	Aferez tekniği yardımıyla tek bir bağışçıdan eritrosit bileşenlerinin elde edildiği süspansiyondur.	Saklama koşulları eritrosit süspansiyonundaki gibidir. Açık sistem üzerinden ayrıştırma işlemi gerçekleştiriliyorsa saklanma süresi +2 °C ile +6 °C aralığında 24 saat ile sınırlıdır. Bu süre antikoagülan/ek çözeltinin içeriğine bağlı olarak uzatılabilir.	Tam kan ve diğer eritrosit bileşenlerindeki gibidir.

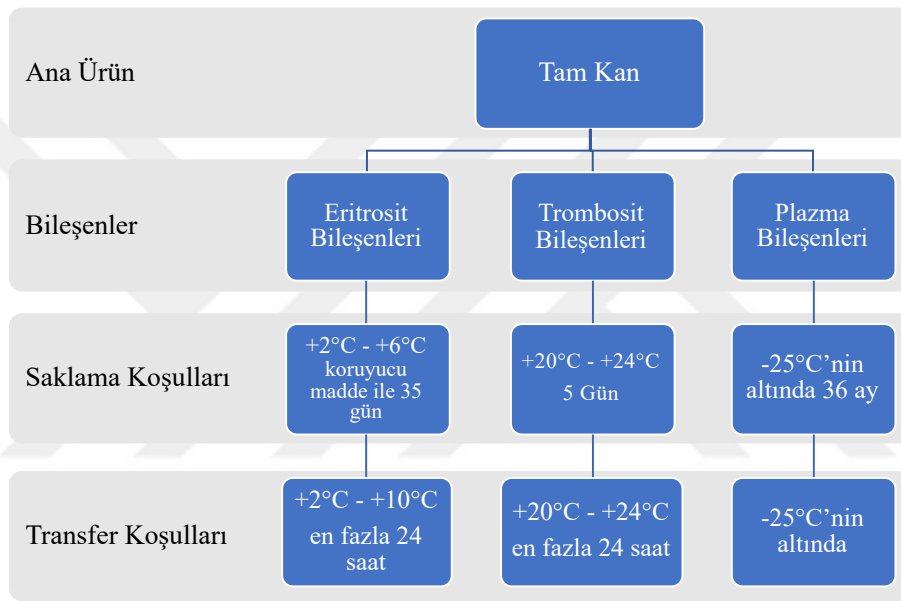
**Tablo 2 (devamı)**

<b>Bileşen Türü</b>	<b>Tanım</b>	<b>Saklama Koşulları</b>	<b>Taşıma Koşulları</b>
Trombosit Süspansiyonu: Tam Kandan	Tam kanın santrifüjasyonundan sonra eritrosit ve plazma kısmının uzaklaştırılması ile elde edilen bileşendir.	Bileşen +20 °C ile +24 °C arasında saklanmalıdır. Bileşenin saklanma süresi 5 gün ile sınırlı olup bu süre ek tekniklerin kullanılmasıyla 7 güne kadar uzatılabilir.	Saklama koşullarına uygun koşullar geçerlidir.
Trombosit Süspansiyonu: Aferez	Aferez tekniği yardımıyla tek bir bağışçıdan trombosit bileşenlerinin elde edildiği süspansiyondur.	Tam kandan elde edilen trombositler ile aynıdır.	Tam kandan elde edilen trombositler ile aynıdır.
Taze Donmuş Plazma	Tam kandan ya da afereze elde edilen plazmanın, pıhtılaşma etkisinin muhafaza edildiği süre ve sıcaklık altında dondurulmasıyla elde edilen bileşendir.	Bileşen -18 °C ile -25 °C arasında 3 aya kadar saklanabilirken -25 °C'nin altında ise 36 aya kadar saklanabilmektedir.	Taşıma sırasında saklama sıcaklığı korunmalıdır.
Kriyopresipitat	Taze donmuş plazmanın yeniden santrifüjasyonu ile elde edilen ve plazmanın kriyoglobulin içeren bileşenidir.	Bileşen -18 °C ile -25 °C arasında 3 aya kadar saklanabilirken -25 °C'nin altında ise 36 aya kadar saklanabilmektedir.	Taşıma sırasında saklama sıcaklığı korunmalıdır.
Kriyopresipitatu Alınmış Plazma	Taze donmuş plazmanın yeniden santrifüjasyonu ile kriyopresipitatu plazmadan filtrelenmesiyle elde edilen bileşendir.	Bileşen -18 °C ile -25 °C arasında 3 aya kadar saklanabilirken -25 °C'nin altında ise 36 aya kadar saklanabilmektedir.	Taşıma sırasında saklama sıcaklığı korunmalıdır.
Granülosit Süspansiyonu: Aferez	Tek bir bağışçıdan aferez tekniğiyle hazırlanan ve plazmada süspansiyon edilmiş granülosit oranı yüksek olan bir bileşendir.	Saklanması uygun olmayan bileşen, olabildiğince kısa süre içerisinde hastaya nakil edilmez. Buna ek olarak, +20 °C ile +24 °C arasında 24 saate kadar saklanabilir ve çalkalanmamalıdır.	Saklanma koşulları altında transferi yapılmalıdır.

Kaynak: Aksoy vd., 2011: 205-240

Tablo 2'deki bilgilere bakıldığında, tam kanın eritrosit, trombosit ve plazma bazlı bileşenlere ayrıldığı görülmektedir. Bu ürünlerden eritrosit bileşenlerinin +2°C ile +6°C arasında koruyucu madde ile 35 güne kadar, trombosit bileşenlerinin +20°C ile +24°C arasında 5 güne kadar ve son olarak plazma bileşenlerinin ise -25°C'nin altında 36 aya kadar saklanabildiği görülmektedir. Diğer taraftan taşıma koşullarına bakıldığında, eritrosit bileşenleri +2°C ile +10°C arasında en fazla 24 saat, trombosit bileşenleri +20°C ile +24°C arasında en fazla 24 saat ve son olarak plazma bileşenleri ise -25°C'nin altında olmak koşuluyla taşınabilmektedir. Bu bilgilere ait gösterim Şekil 8'de verilmiştir.

**Şekil 8: Kan Bileşenlerine Ait Saklama ve Transfer Koşulları**



## 2.2. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı

Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Ürün tedarikinden nihai noktaya (kan ya da kan ürünlerinin hastaya nakline) kadar ciddi miktarlarda ürün akışının yönetilmesi söz konusudur. Buna bağlı olarak, tedarik zincirindeki donör, kan bağış ve üretim tesisi sayısı ve ürün toplaması/dağıtımını yapan araç sayısı gibi diğer faktörlerinde sayısı artacaktır.

Geliri yüksek olan ülkelerin kan tedarik zinciri ağı dikkate alındığında veriler oldukça dikkat çekmektedir. Amerikan Kızıllaçı (2019) verilerine göre Amerika'da günlük yaklaşık 36.000 ünite eritrosit, 7.000 ünite Trombosit ve 10.000 ünite Plazma kan bileşenlerine ihtiyaç olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca organizasyonun 6,8 milyon donörden yıllık topladığı kan bağışının 13,6 milyon ünite olduğu da belirtilmiştir. Toplanan bu kan miktarının ise ulusal kan ihtiyacının %40'nı karşıladığı bilgilerine yer verilmiştir. Fransa Ulusal Kan Merkezi (2019) yıllık yaklaşık 2,9 milyon donöre ulaşmakta ve 13 bölge kan merkezi ile 1.900 sağlık kuruluşuna hizmet sağlamaktadır. 2

milyon gönüllü üyesi bulunan Alman Kızıllaçı yılda 3,5 milyon kan bağışı toplamakta olup bu miktar ülke kan ihtiyacının %80'nini oluşturmaktadır (Alman Kızıllaçı, 2015). Japon Kızıllaçı (2019) ise bünyesinde 7 bölge kan merkezi ile 47 kan merkezini bulundurmakta olup yaklaşık 4,8 milyon gönüllü üyesi bulunan bu organizasyon yıllık 2,04 milyon kan bağışı toplamaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü (2019)'nün verilerine göre yaklaşık yarısı yüksek gelirli ülkeler olmak üzere dünyada yılda 112,5 milyon kan bağışı toplanmaktadır. Bunlar içerisinde 74 ülkede kan tedarikinin %90 ve üzeri gönüllü donörlerden karşılanırken 71 ülkede ise bu miktarın %50'den fazlası replasman ve ücretli donörlerden karşılanmaktadır. Ayrıca, 176 ülkede bulunan yaklaşık 13.000 adet kan merkezi tarafından 110 milyon kan bağışının yapıldığı Dünya Sağlık Örgütüne rapor edilmiştir. Bu kan merkezlerinin her birine ortanca yıllık yapılan kan bağışları düşük ve orta gelirli ülkelerde 5.400 iken yüksek gelirli ülkelerde bu miktar 16.000'dir. Bu sayı her 1.000 kişi başına düşen bağış miktarı olarak hesaplandığında düşük gelirli ülkelerde 4,6'yı, düşük-orta gelirli ülkelerde 7,8'i, orta-yüksek gelirli ülkelerde 14,9'u ve yüksek gelirli ülkelerde bu oran 32,1'i bulmaktadır.

Türkiye'de kan tedariki, ilk kan merkezleri 1957 yılında kurulmuş olan Türk Kızılayı tarafından sağlanmaktadır (Türk Kızılayı, 2019). Türk Kızılayı (2019) ülke kan bileşeni ihtiyacının 3 milyon ünite kan ile karşılanabileceğini ve hali hazırda bunun %81'inin karşılandığını belirtmiştir. Türk Kızılayı, 2005 yılında "Güvenli Kan Temini Programı" kapsamında 18 bölge kan merkezi ile Sağlık Bakanlığı çatısı altında kan ve kan ürünleri tedarik zincirinden sorumlu tek kuruluş olarak yetkilendirilmiştir (Türk Kızılayı, 2019). Dolayısıyla, kan ve kan ürünleri tedarik zinciri hem insan hayatı için kritik bir öneme sahip hem de tedarik ağının büyüklüğü sebebiyle oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir.

Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağını oluşturan birimler aşağıdaki gibi tanımlanır (Aksoy vd., 2011: 43-44):

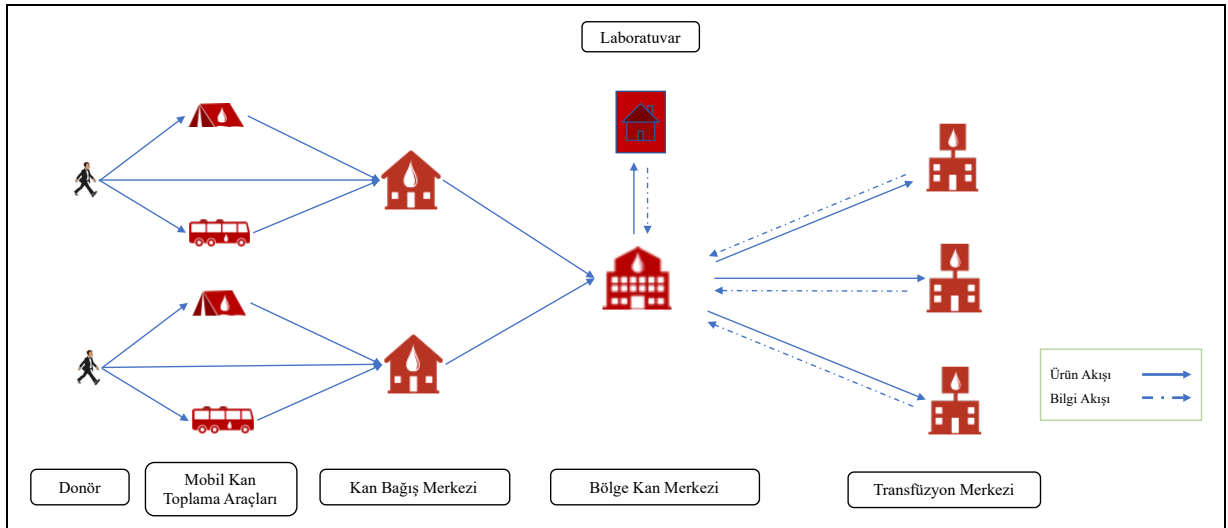
- **Donör:** Kan ve kan ürünlerinin ana kaynağı olan ve bunları veren kişiyi,
- **Kan bağış merkezi:** Bölge kan merkezi şemsiyesi altında çalışan ve kan bağışçılarından kan alma işlevini gerçekleştiren birimi,
- **Bölge kan merkezi:** Bakanlığın uygun gördüğü bölgelerde faaliyet gösteren, bölgenin ihtiyacını karşılayacak tesis kapasitesine sahip olan, bünyesinde kan bağış merkezleri ile transfüzyon merkezleri bulunduran ve bünyesindeki tesisler ile uyum içerisinde çalışan kan ve kan ürünleri tedarik zinciri yönetiminden sorumlu en kapsamlı birimi,
- **Transfüzyon merkezi:** Bölge kan merkezi tarafından temin edilen kan ve kan ürünlerini ihtiyacı olan hastalara gerekli testleri yaptıktan sonra nakil eden ve kan bağışçısından acil durumlar dışında kan alma yetkisi olmayan birimi ifade eder.

Kan ve kan ürünleri hastane içerisinde hastalara transfüze (nakil) edildiğinden *hastaneler* transfüzyon merkezleri olarak da bilinir. Ayrıca, *kan merkezi* ve *kan bankası* ismi de bölgesel kan merkezi ifadesi yerine kullanılabilir. *Yerel kan merkezi* ise bölgesel kan merkezi bünyesinde kendisine tanımlanan sorumluluklar çerçevesinde kan merkezi olarak faaliyet gösteren birimi temsil etmektedir.

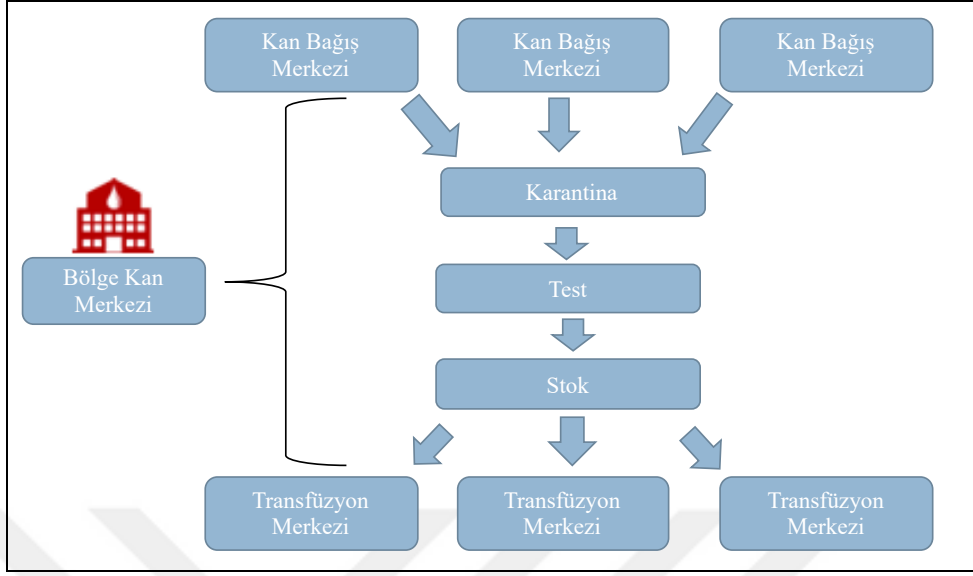
Kan veren donörler gönüllü (karşılık beklemezsiniz), replasman ve ücretli olmak üzere üç şekilde sınıflandırılır ve kan tedariki bu üç yolla temin edilir. Yeterli ve güvenli kan tedariki düzenli, gönüllü ve karşılık beklemeyen donörlerden oluşan sağlam bir zemin oluşturulduktan sonra sağlanabilir (Dünya Sağlık Örgütü, 2019).

Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ yapısı Şekil 9'da verilmiştir. Buna göre kan ve kan ürünleri tedarik zinciri, donörün mobil tesislere ya da kan bağış merkezlerine kan bağışlaması ile başlar. Kan merkezlerinde toplanan kan bağışları işlenmesi için bölge kan merkezine gönderilir. Kan bağışları bölge kan merkezine ulaştıktan sonra ayrıştırma işlemi için saklama alanlarında muhafaza edilir. Bölge kan merkezindeki kan bağışları ayrıştırma işlemine dâhil olmadan önce herhangi bir bulaşıcı hastalığın olup olmadığını kontrol etmek için bu ürünler ana laboratuvarlara gönderilir. Bu kontrol süreci bir ya da iki gün sürdükten sonra karantinaya alınan ürünler ayrıştırma işlemine dâhil edilir. Ayrıştırılan kan ürünleri buradan da transfüzyon merkezlerini gönderilir. Özet olarak, bir bölge kan merkezi birden fazla kan bağış merkezi ve hastaneyle etkileşim içindedir. Toplanan kan bağışları, kan bağış merkezlerinden bölge kan merkezine ve buradan da kontrol ve üretim süreçlerden geçtikten sonra ürünü talep eden transfüzyon merkezlerine transfer edilmektedir. Zincirde merkezi bir rol üstlenen bir bölge kan merkezi, kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin hem ürün toplama, dağıtım, üretim (işleme) ve stoklama faaliyetlerinden hem de zincirdeki her bir üyenin koordinasyonundan sorumludur (Şekil 10).

**Şekil 9: Kızılay Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Ağ Yapısı**



**Şekil 10: Bölge Kan Merkezinin Ürün Toplama, İşleme ve Dağıtım Süreci**



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmanın literatür araştırması üç kısım olarak planlanmıştır. İlk kısımda, tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. İkinci kısımda ise kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ile ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Ayrıca, ikinci kısım iki bölüm altında incelenmiştir: İlk bölümde kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ile ilgili yapılmış genel çalışmalar, ikinci bölümde ise kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Son olarak, üçüncü kısımda ise literatür araştırmasının ikinci kısmının ikinci bölümünde ele alınan çalışmalardan matematiksel programlama kullanan çalışmalar incelenmiştir.

#### 3.1. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı İle İlgili Yapılan Çalışmalar

##### 3.1.1. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Literatür Araştırması Metodolojisi

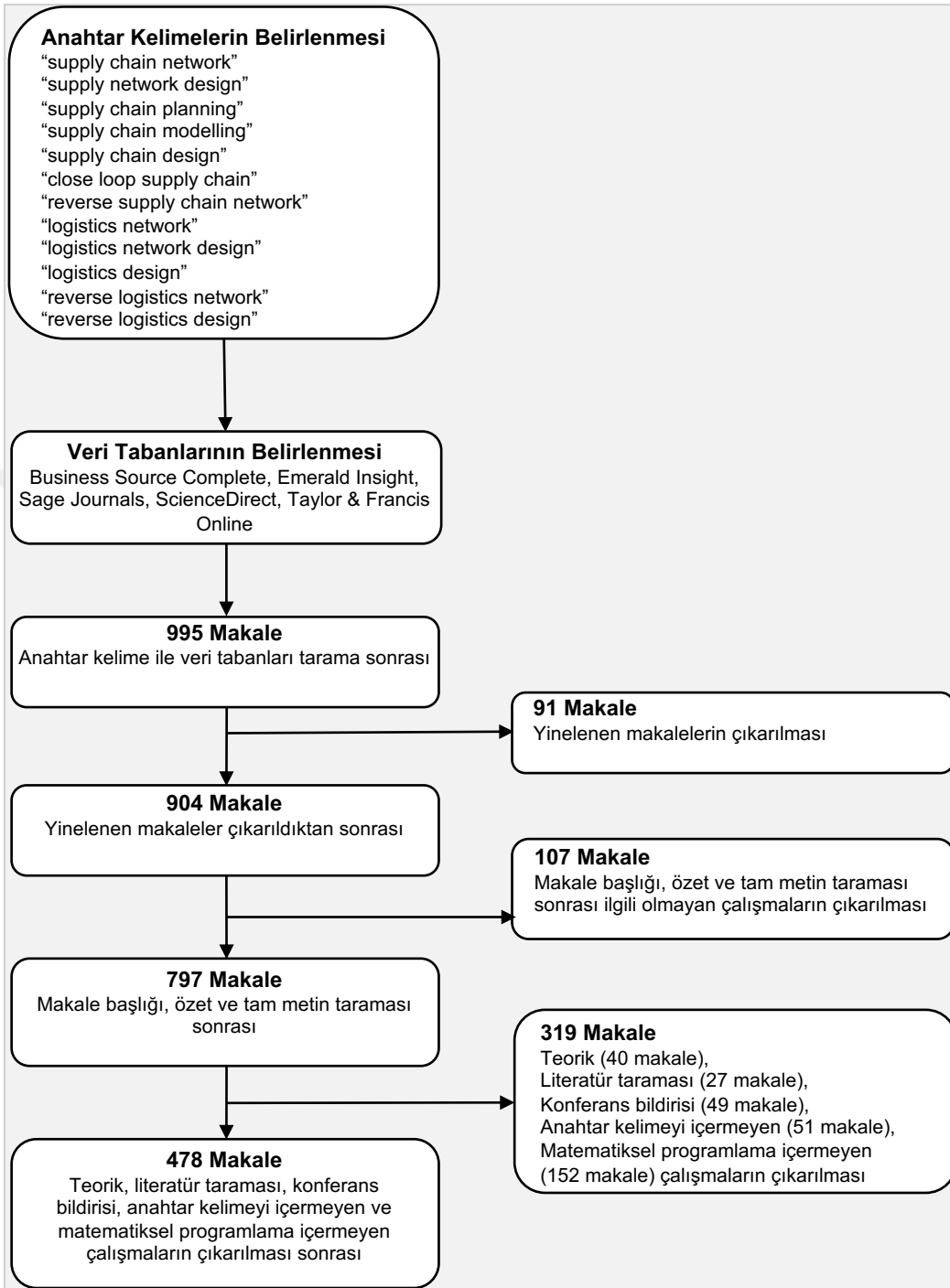
Tedarik zinciri ağ tasarımına ilişkin birçok çalışma literatürde yerini almıştır. Bu çalışmalarını incelemek için Tablo 3'te verilen anahtar kelimeler yardımıyla Business Source Complete, Emerald Insight, Sage Journals, ScienceDirect, Taylor & Francis Online olmak üzere beş uluslararası veri tabanı üzerinden literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırması, yayın dili İngilizce olan ve 05.03.2019 tarihine kadar yapılmış olan çalışmaları içermektedir. Yapılan araştırma sonucunda toplam 995 adet makaleye ulaşılmıştır (Tablo 3).

**Tablo 3: Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili Çalışmaların Anahtar Kelimelere ve Veri Tabanlarına Göre Dağılımı**

Anahtar Kelimeler	Veri Tabanları					Toplam
	Business Source Complete <sup>1</sup>	Emerald Insight	Sage Journals	ScienceDirect	Taylor & Francis Online	
“supply chain network”	35	15	5	248	57	360
“supply network design”	2	1	0	6	3	12
“supply chain planning”	19	9	2	69	22	121
“supply chain modelling”	3	1	0	15	8	27
“supply chain design”	56	16	3	135	77	287
“close loop supply chain”	0	0	0	6	1	7
“reverse supply chain network”	0	0	0	0	0	0
“logistics network”	11	3	2	70	19	105
“logistics network design”	6	0	0	29	8	43
“logistics design”	1	0	0	0	1	2
“reverse logistics network”	5	0	1	21	4	31
“reverse logistics design”	0	0	0	0	0	0
<b>Toplam</b>	<b>138</b>	<b>45</b>	<b>13</b>	<b>599</b>	<b>200</b>	<b>995</b>

<sup>1</sup>: Emerald Insight, ScienceDirect, Taylor & Francis Online veri tabanlarına ait olan makaleler dahil edilmemiştir.

**Şekil 11: Tedarik Zinciri Ağ Tasarımına İlişkin Literatür Araştırması Akış Şeması**



Literatür araştırması değerlendirme süreci ile ilgili işlem akış şeması Şekil 11’de verilmiştir. Buna göre, ulaşılan 995 makaleden 91 tanesi yinelenen olduğundan çalışmaya dahil edilmemiştir. Tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili olmayan makalelerin çalışmadan çıkarılması için geriye kalan 904 makale üzerinden başlık, özet ve gerekirse tam metin taraması gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu tarama neticesinde 107 makale çıkarılmış geriye 797 makale kalmıştır. Ayrıca, konu ile ilgili olan fakat 40’ı teorik makale, 27’si literatür çalışması, 49’u konferans bildirisi, 51’i anahtar kelimeyi



içermeyen ve 152'si matematiksel programlama içermeyen olmak üzere toplam 319 makale de çalışmadan çıkarılmıştır. Nihai olarak 478 makale değerlendirme sürecine alınmıştır. Ayrıca, değerlendirme süreci sonrasında elde edilen makalelerin hem anahtar kelime hem de veri tabanı açısından dağılımı Tablo 4'te gösterilmiştir. Çalışmaya dahil edilen tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili makalelerin yazar listesi Ek 1-A'da verilmiştir.

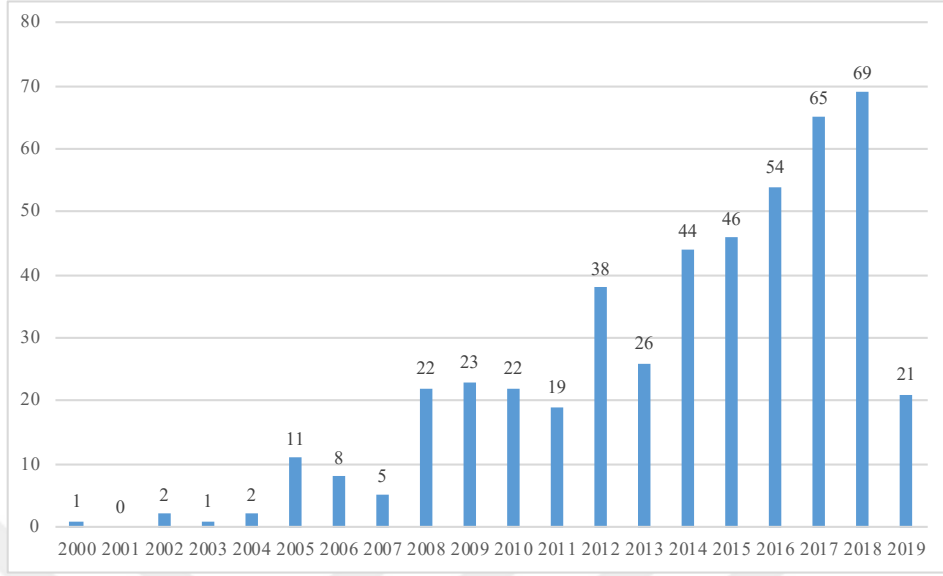
**Tablo 4: Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili Çalışmaların Değerlendirme Sonrasında Anahtar Kelimelere ve Veri Tabanlarına Göre Dağılımı**

Anahtar Kelimeler	Veri Tabanları					Toplam
	Business Source Complete	Emerald Insight	Sage Journals	Science Direct	Taylor & Francis Online	
“supply chain network”	18	2	1	153	34	208
“supply network design”	1	0	0	5	1	7
“supply chain planning”	9	2	1	37	10	59
“supply chain modelling”	0	0	0	4	2	6
“supply chain design”	27	4	1	77	33	142
“close loop supply chain”	0	0	0	0	0	0
“reverse supply chain network”	0	0	0	0	0	0
“logistics network”	8	1	1	33	11	54
“logistics network design”	0	0	0	0	0	0
“logistics design”	0	0	0	0	0	0
“reverse logistics network”	2	0	0	0	0	2
“reverse logistics design”	0	0	0	0	0	0
<b>Toplam</b>	<b>65</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>309</b>	<b>91</b>	<b>478</b>

### 3.1.2. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili Yapılan Çalışmalara İlişkin Sayısal Veriler

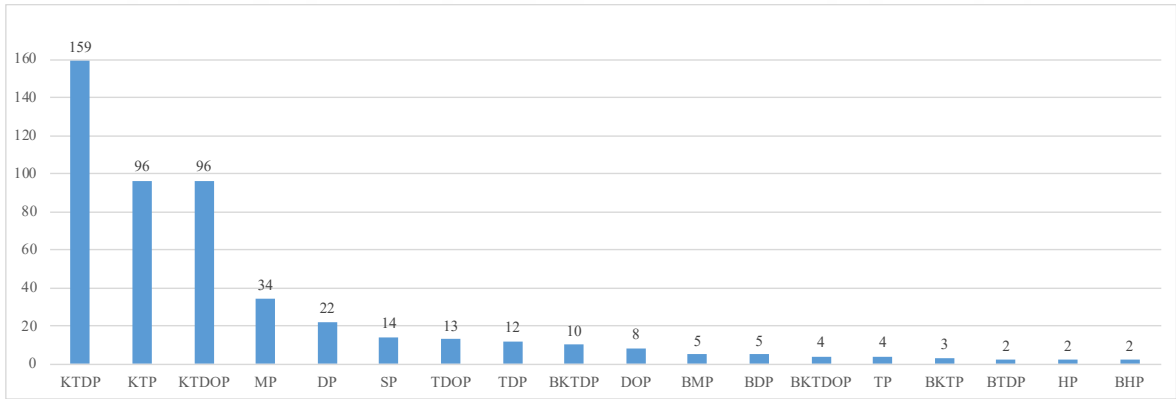
Bu kısımda tedarik zinciri ağ tasarımına ilişkin yapılan çalışmalar, yıllara göre yayınlanan makale sayısı, makalelerin matematiksel model türlerine göre dağılımları, makalelerin amaç fonksiyonlarının türlerine göre dağılımları, makalelerin model çıktılarının türlerine göre dağılımları ve makalelerin çözüm tekniklerine göre dağılımları başlıkları altında sınıflandırılmış ve elde edilen sonuçlar sayısal verilerle ortaya konmuştur. Sınıflandırma yapılırken Ek 1-B'de verilen kısaltmalar kullanılmıştır.

**Grafik 1: Yıllara Göre Yayınlanan Makale Sayısı**



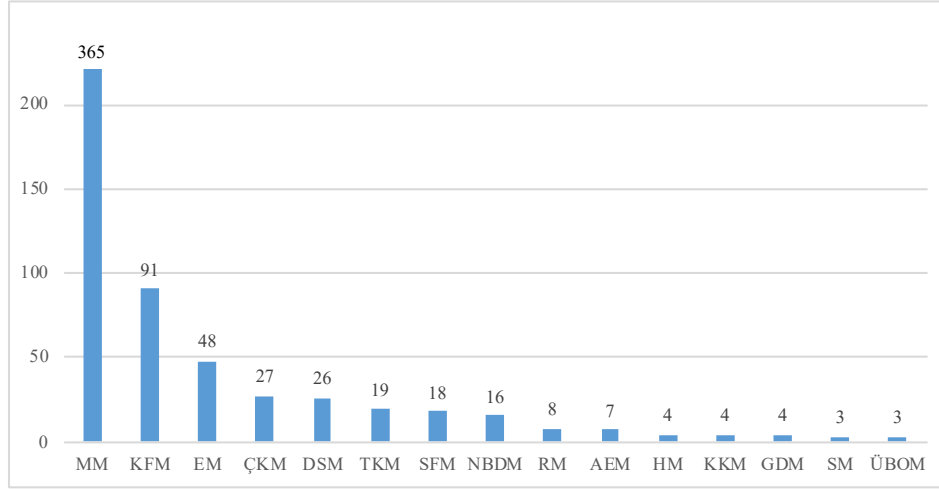
Yıllara göre yayınlanan makale sayısını gösteren Grafik 1'e göre en fazla çalışmanın yapıldığı yılların 2014-2018 yılları arası olduğu görülmektedir. Ayrıca, makale sayısında son yıllara doğru artış olduğu gözlenmektedir.

**Grafik 2: Makalelerde Kullanılan Matematiksel Modellerin Türlerine Göre Dağılımı**



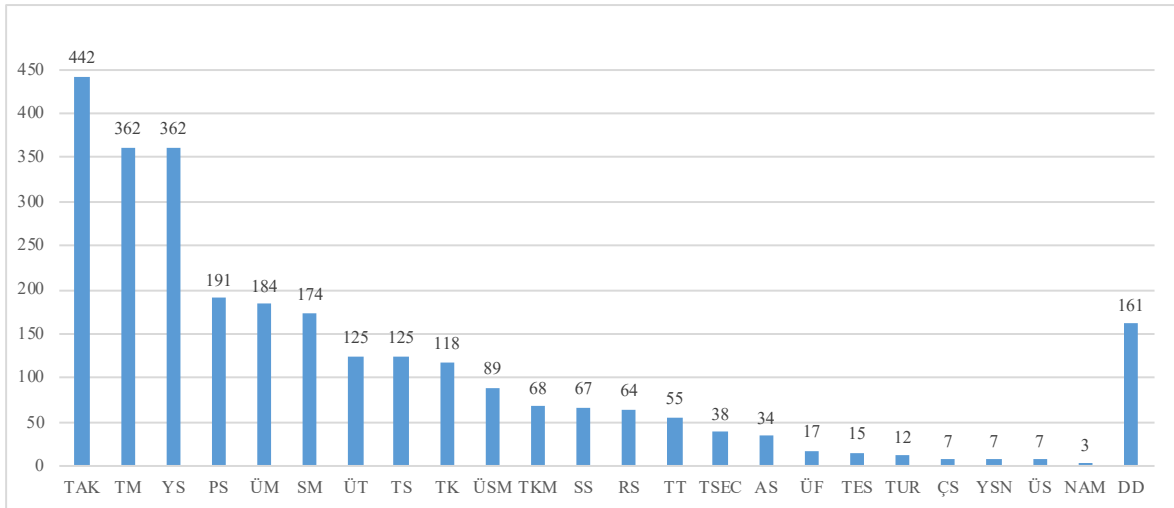
Tedarik zinciri ağ tasarımı kullanılan matematiksel modellerin temsil ettiği problemlerin amaçlarına bağlı olarak model türleri farklılık göstermektedir. Buna yönelik dağılım (Grafik 2) incelendiğinde en fazla kullanılan ilk üç matematiksel model türünün sırasıyla; 159 kez ile Karma Tamsayı Doğrusal Programlama, 96'şar kez ile Karma Tamsayı Programlama ve Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama olduğu görülmüştür.

**Grafik 3: Makalelerin Amaç Fonksiyonlarının Türlerine Göre Dağılımı**



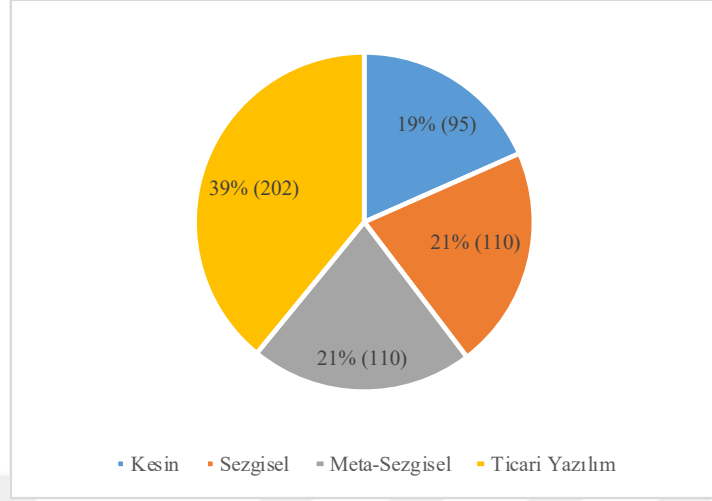
Tedarik zinciri ağ tasarımına yönelik matematiksel model kullanan çalışmalarda her bir modelin amaç fonksiyonu bulunmaktadır. Makaleler modelin amaç fonksiyonlarının türlerine göre incelendiğinde (Grafik 3), en fazla maliyet minimizasyonunun (365 kez) hedeflendiği görülmüştür. Bunu takiben kâr/fayda maksimizasyonu (91 kez), emisyon salınım minimizasyonu (48 kez) ve çevre kirliliği minimizasyonu (27 kez) amaçlarının sıralandığı görülmüştür.

**Grafik 4: Makalelerin Model Çıktılarının Türlerine Göre Dağılımı**



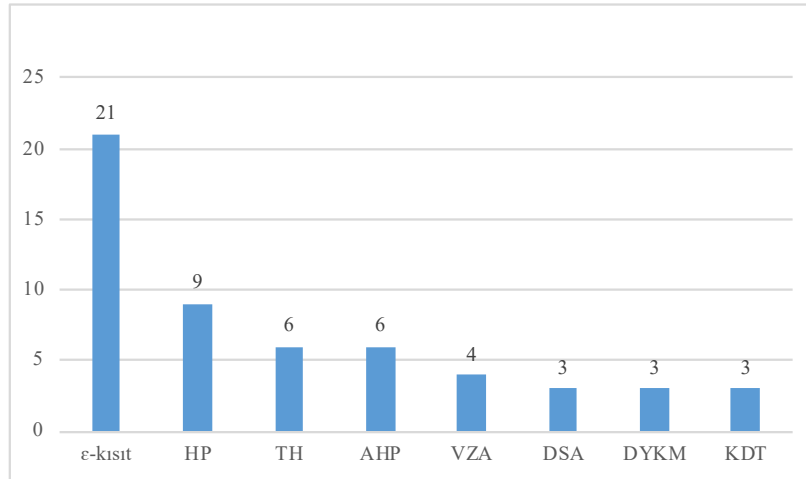
Kurulan matematiksel modelin çıktıları incelendiğinde (Grafik 4) en fazla hedeflenen çıktı türünün 442 kez tahsis/atama kararlarını içeren değişkenler olduğu gözlemlenmiştir. Bu karar değişkenini izleyen diğer üç çıktı ise sırasıyla taşıma miktarı (362 kez), yer seçimi (362 kez) ve periyot seçimi (191 kez) kararları olmuştur.

**Grafik 5: Makalelerde Kullanılan Çözüm Tekniklerinin Türlerine Göre Dağılımı**



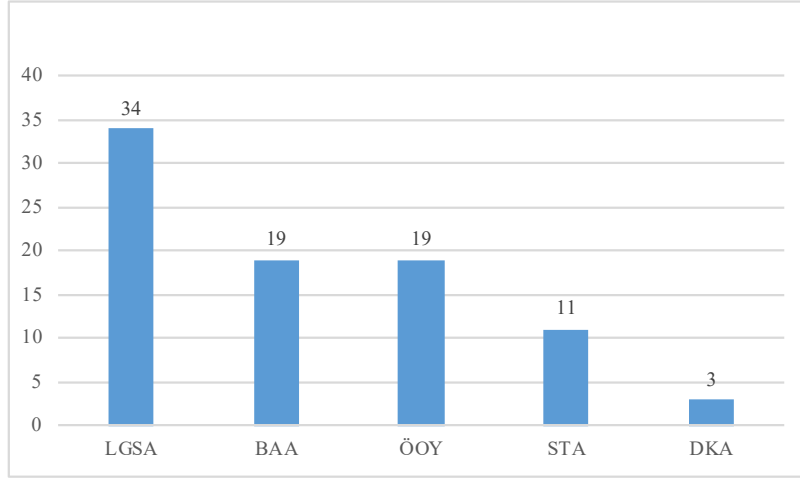
Çalışmalarda önerilen matematiksel modellerin çözümü için kullanılan tekniklerin dağılımı Grafik 5'te verilmiştir. Bu grafiğe göre, en fazla (%39) ticari yazılımların kullanıldığı görülmüştür. Bunu takiben, Meta-sezgisel (%21), sezgisel (%21) ve son olarak kesin çözüm (%19) tekniklerinin kullanıldığı tespit edilmiştir.

**Grafik 6: Kesin Çözüm Tekniklerinin Türlerine Göre Dağılımı**



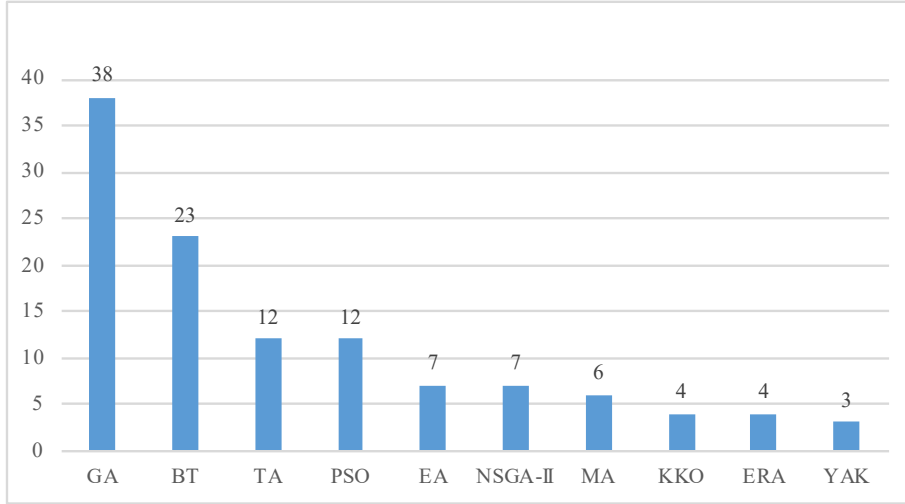
Çalışmalarda kullanılan kesin çözüm tekniklerinin dağılımı Grafik 6'da verilmiştir. Çalışmalarda kullanılan kesin çözüm teknikleri içindeki dağılıma bakıldığında, problemlerin çözümü için  $\epsilon$ -kısıt tekniği 21 kez kullanılarak en fazla kullanılan teknik olmuştur. Bu teknikten sonra en çok kullanılan diğer üç teknik ise 9 kez ile Hedef Programlama, 6 kez ile Torabi ve Hassini Yaklaşımı ve Analitik Hiyerarşi Prosesi olmuştur.

**Grafik 7: Sezgisel Çözüm Tekniklerinin Türlerine Göre Dağılımı**



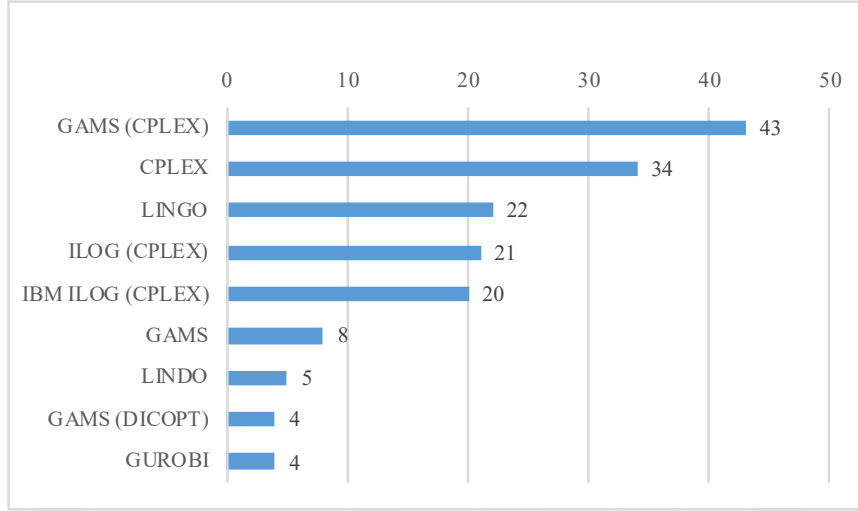
Çalışmalarda kullanılan sezgisel çözüm tekniklerinin dağılımı için Grafik 7'ye bakıldığında, Lagrange Gevşetmesi Bazlı Sezgisel Algoritma tekniği 34 kez kullanılarak sezgisel çözüm teknikleri içerisinde en fazla tercih edilen teknik olmuştur. Bunu takiben 19, 19, 11 ve 3 kez tercih edilen sırasıyla, Benders Ayrıştırma Algoritması, Örneklem Ortalama Yaklaşımı, Sezgisel Tabanlı Algoritma ve son olarak Değişken Komşuluk Arama Algoritması tekniklerinin kullanıldığı görülmüştür.

**Grafik 8: Meta-sezgisel Çözüm Tekniklerinin Türlerine Göre Dağılımı**



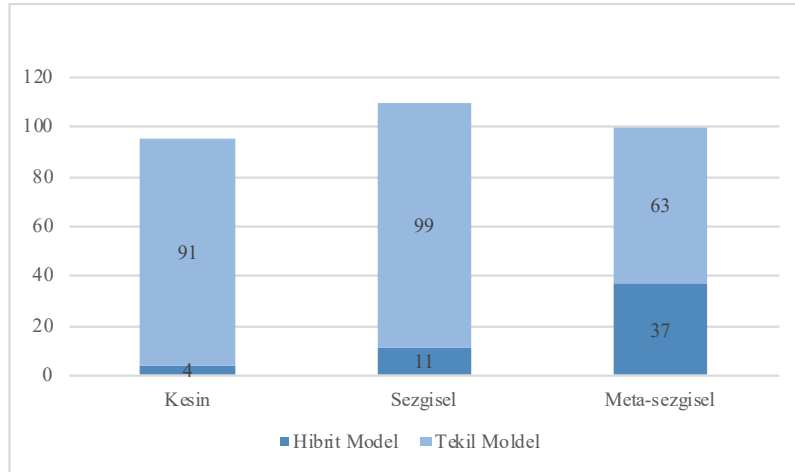
Meta-sezgisel çözüm tekniklerinin dağılımı (Grafik 8) incelendiğinde, problemlerin çözümü için en fazla kullanılan Meta-sezgisel tekniğin 38 kez tercih edilen Genetik Algoritma olduğu görülmüştür. Bunu takip eden ilk üç teknik ise sırasıyla Benzetiilmiş Tavlama (23 kez), Tabu Arama (12 kez) ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (12 kez) algoritmaları olmuştur.

**Grafik 9: Ticari Yazılımların Türlerine Göre Dağılımı**



Ticari yazılımların türlerine göre dağılımları Grafik 9’da verilmiştir. Bu dağılım incelendiğinde, matematiksel modelin çözümünde en fazla tercih edilen ticari yazılımın GAMS (CPLEX) olduğu ve bu yazılım programını takip eden diğer üç yazılım türünün ise sırasıyla, CPLEX, LINGO ve ILOG (CPLEX) olduğu görülmüştür.

**Grafik 10: Çözüm Teknikleri İçerisinde Tekil/Hibrit Model Kullanımı Dağılımı**



Matematiksel modellerin çözüm teknikleri içerisinde tekil ya da hibrit model kullanıma ilişkin dağılımı (Grafik 10) incelenmiştir. Dağılım (Grafik 10) incelendiğinde, çözüm tekniklerinin kullanımında hibrit modellerin en çok Meta-sezgisel teknikler içerisinde kullanıldığı görülmüştür. Hibrit modellerin ikinci sırada en fazla kullanıldığı alan sezgisel teknikler olurken son sırada ise kesin teknikler olmuştur.

Sonuç olarak, tedarik zinciri ağ tasarımına ilişkin yapılan literatür araştırması neticesinde;

- Tedarik zinciri ağ tasarımını konu alan çalışmaların sayısının yıllara göre arttığı,
- Çalışma yapılırken hedeflenen amacın en fazla maliyet minimizasyonu olduğu,
- Çalışmanın çıktılarının daha çok tahsis/atama, taşıma miktarı, yer seçimi ve periyot seçimi kararları olduğu,
- Çalışmada matematiksel model türü olarak en fazla Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama, Karma Tamsayılı Programlama ve Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama kullanıldığı,
- Önerilen matematiksel modellerin çözümü için en fazla ticari yazılımlardan faydalandığı,
- Kesin, sezgisel ve Meta-sezgisel çözüm teknikleri içerisinde en fazla tercih edilen tekniklerin sırasıyla  $\epsilon$ -kısıt, Lagrange Gevşetmesi Bazlı Sezgisel Algoritma ve Genetik Algoritma bazlı olduğu,
- Ticari yazılımlardan en fazla kullanılanın GAMS (CPLEX) programı olduğu,
- Hibrit model tiplerinin en çok Meta-sezgisel teknikler içerisinde tercih edildiği söylenebilir.

### 3.2. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri ile İlgili Yapılan Çalışmalar

#### 3.2.1. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Literatür Araştırması Metodolojisi

Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ile ilgili çalışmaları incelemek için “*supply chain*” AND *blood* kombinasyonu yardımıyla Business Source Complete, Emerald Insight, Sage Journals, ScienceDirect, Taylor & Francis Online ve Google Akademik olmak üzere altı uluslararası veri tabanı üzerinden literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırması, yayın dili İngilizce olan ve 09.04.2019 tarihine kadar yapılmış olan makaleleri içermektedir. Yapılan araştırma sonucunda toplam 222 adet çalışmaya ulaşılmıştır (Tablo 5).

**Tablo 5: Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri ile İlgili Çalışmaların Veri Tabanlarına Göre Dağılımı**

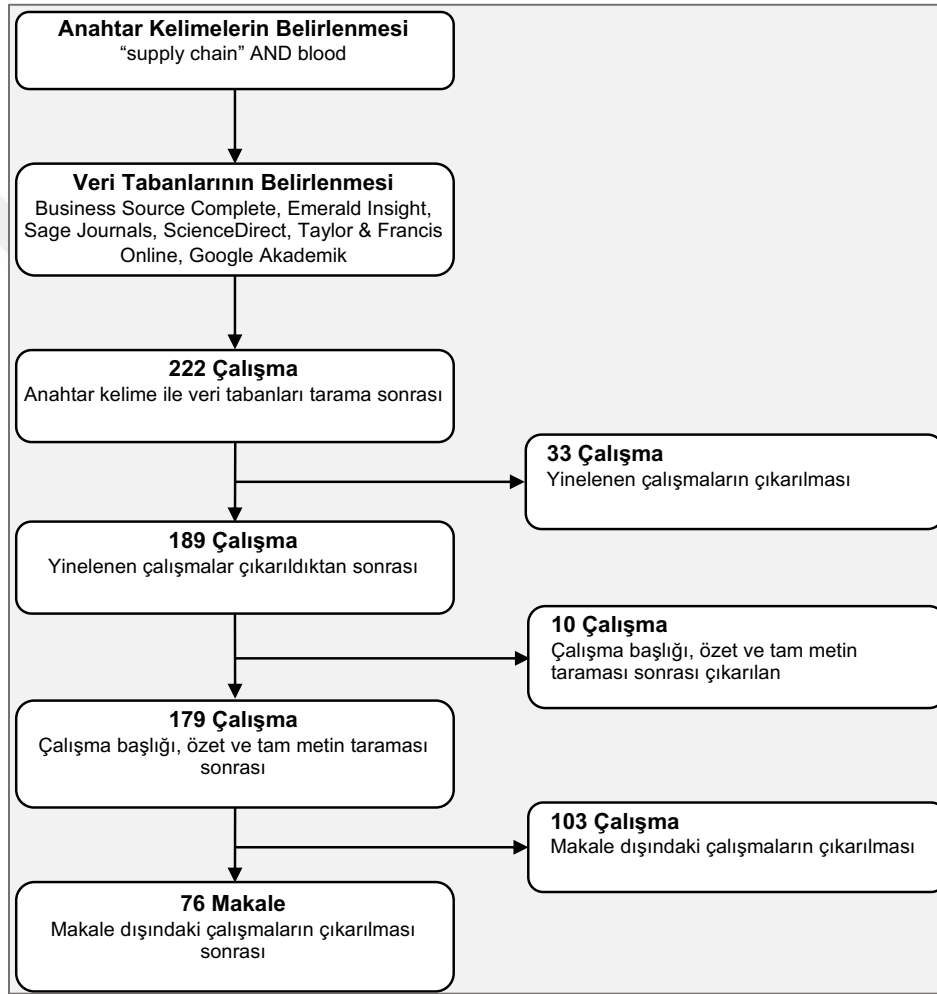
Anahtar Kelime	Veri Tabanları						Toplam
	Business Source Complete <sup>1</sup>	Emerald Insight	Sage Journals	Science Direct	Taylor & Francis Online	Google Akademik	
“supply chain” AND blood	6	7	0	35	5	169	222

<sup>1</sup>: Emerald Insight, ScienceDirect, Taylor & Francis Online veri tabanlarına ait olan makaleler dahil edilmemiştir.

Literatür araştırması değerlendirme süreci ile ilgili işlem akış şeması Şekil 12’de verilmiştir. Buna göre, ulaşılan 222 çalışmadan 33 tanesi yinelenen olduğundan araştırmaya dahil edilmemiştir. Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ile ilgili olmayan çalışmaların araştırmadan çıkarılması için geriye

kalan 189 çalışma üzerinden başlık, özet ve gerekirse tam metin taraması gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu tarama neticesinde 10 çalışma çıkarılmış ve geriye 179 çalışma kalmıştır. Ayrıca, konu ile ilgili olan fakat araştırma makalesi olmayan 103 çalışma araştırmadan çıkarılmıştır. Sonuç olarak, 76 makale değerlendirme sürecine alınmıştır. Ayrıca, değerlendirme süreci sonrasında elde edilen makalelerin veri tabanlarına göre dağılımı Tablo 6’da gösterilmiştir.

**Şekil 12: Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri ile İlgili Literatür Araştırması Akış Şeması**



**Tablo 6: Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri ile İlgili Çalışmaların Değerlendirme Sonrasında Veri Tabanlarına Göre Dağılımı**

Anahtar Kelime	Veri Tabanları						Toplam
	Business Source Complete	Emerald Insight	Sage Journals	Science Direct	Taylor & Francis Online	Google Akademik	
"supply chain" AND blood	5	6	0	29	4	32	76



Literatür araştırması sonrası elde edilen çalışmalar iki bölüm altında incelenmiştir. İlk bölüm kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ile ilgili yapılmış genel çalışmaları kapsarken ikinci bölüm ise kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili çalışmaları kapsamaktadır.

### **3.2.2. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri ile İlgili Genel Çalışmalar**

Chapman ve Cook (2002) İngiltere Ulusal Kan Hizmeti ile Kuzey Galler arasında kan ve kan ürünleri tedarik zinciri yönetimini en üst düzeye çıkarmak amacıyla katılımcı hastaneler için kan stok programı geliştirmiştir. Gerçek zamanlı toplanan verilerin kullanıldığı çalışmada verilerin toplanmasını, uygulamaların kıyaslanmasını ve stok yönetimi uygulamalarındaki değişimin yönetilmesini mümkün kılan internet ağı tabanlı veri yönetim sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem sayesinde toplanan ürünlerin kullanımının optimize edildiği belirtilmiştir.

Rytäl ve Spens (2006) kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin iyileştirilmesi yani kıt bir kaynak olan kan ürünlerinin daha etkin kullanılması amacıyla bir çalışma yapmıştır. Ayrık olay simülasyon tekniğinin kullanıldığı bu çalışmada karar verici için yapılan deneylerle daha iyi ve daha az risk içeren kararlar verildiği, karmaşık ve kaotik olan bu yapının anlaşılır olmasının sağlandığı ve dolayısıyla sistemin etkin ve daha kaliteli hizmet imkanı sunduğu görülmüştür.

Katsaliaki ve Brailsford (2007) bir bölge kan merkezi tarafından ürün tedariki yapılan bir hastanenin kan ve kan ürünleri stok sistemi için yönetim politikalarını analiz etmiştir. Çalışmada bir hastane için donörden alıcıya kadar olan tüm tedarik zincirinin modellenmesi ve bu model ile prosedürlerin ve çıktılarının iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Sipariş verme politikalarının belirlenmesi amacıyla ayrık olay simülasyonun kullanıldığı çalışmada stoksuz kalmanın ve ürün israfının azalması, hizmet seviyesinin artması, güvenlik prosedürlerinin iyileştirilmesi ve maliyetlerin düşürülmesi amaçlanmıştır.

Katsaliaki (2008) ise İngiltere'deki kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin maliyet-etkin yönetilmesi için alternatif politikaları değerlendirmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Ulusal Kan Merkezi ile ürün dağıtım yapılan hastanelerden elde edilmiştir. Elde edilen verilerle sipariş, stok ve dağıtım uygulamalarının tanımlanması ve test edilmesi amacıyla ayrık olay simülasyon modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen modelin incelenen sistem hakkında kan tedarik zincirindeki paydaşlara maliyetleri düşürüp güvenliği artıran fikirler verebileceği ve alternatif politikaları değerlendirmek için bir risksiz bir ortam hazırlayacağı ifade edilmiştir.

Briggs vd. (2009) RFID teknolojisinin kan ve kan ürünleri tedarik zinciri üzerindeki verimlilik, kalite ve hasta güvenliğine olası etkilerin yanı sıra teknolojik ve ekonomik açıdan uygulanabilirliğini değerlendirmiştir. Adım adım süreç analizi yapılan çalışmada "acı noktalar" olarak tanımlanan hatalar, verimsizlik ve ürün kayıpları faktörlerine odaklanılmıştır. Çalışma neticesinde verimlilikte

ve hasta güvenliğinde somut iyileştirmelerin sağlandığı ve RFID uygulanmasının mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.

Mustafee vd. (2009) İngiltere Ulusal Kan Hizmetinin kan ve kan ürünleri tedarik zincirini ele almıştır. Tedarik zincirinin analizi için geleneksel (ayrık olay) ve dağıtık olmak üzere iki simülasyon modeli önerilmiştir. Dağıtık simülasyon, işlem ve hafıza gereksinimlerini birçok bilgisayara paylaştığı (dağıtık sistem) için geleneksel simülasyona bir alternatif olarak sunulmuştur. Çalışmada çeşitli senaryolar simüle edilmiş ve sonuç olarak, dağıtık simülasyon tekniğinin tedarik zincirini çok hızlı bir şekilde simüle etmesi bakımından faydalı bir teknik olduğu ve tedarik zincirini detaylı bir şekilde incelemesinden dolayı performansını arttıracığı ifade edilmiştir.

Grant (2010) kan hizmetleri için tedarik ve pazarlama konusu üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada tedarik zinciri etkinliğinin artırılması, paydaşlar ile iletişim, yeni donörler ekleme ve mevcut donörleri muhafaza etme konuları üzerine odaklanılmıştır. Çalışmanın uygulanması İskoç Ulusal Kan Transfüzyon Hizmeti üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Delen vd. (2011) yaptıkları çalışmada kan ve kan ürünleri tedarik zinciri yönetiminde karar vermeyi destekleyen Yöneylem Araştırması, Veri Madenciliği ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı analitik yeni bir model önermiştir. Önerilen bu modelin Güney Kore Osan Hava Üssü ile Türkiye'deki İncirlik Hava Üssünde tedarik zinciri yönetiminde çalışan farklı seviyelerdeki 130 yönetici tarafından aktif olarak kullanıldığı ve bu sistemin karar vericiye birçok yönden avantaj sağladığı belirtilmiştir.

Stanger vd. (2012) hastanelerde kan stok yönetimi örneklerinin tedarik zincirinde ne kadar uygulandığı üzerine çalışma yapmıştır. Çalışmada yedi hastaneden alınan verilerle vaka çalışması yapılmış ve sonuç olarak, stok yönetim teorisinin genel olarak doğru olduğu ancak uygulamada bunun biraz zor olacağı ifade edilmiştir.

Li ve Liao (2012) toplam maliyet ile hasta güvenliğini dikkate alan kan ve kan ürünleri tedarik zinciri sistemi modeli önermiştir. Modelin geliştirilebilmesi için önce kan ve kan ürünleri tedarik zinciri politikaları ortaya konmuş ardından tedarik zincirinin tümünde etkinliği artıran bir tedarik zinciri modeli geliştirilmiştir. Önerilen modelde Dinamik Taguchi tekniğinin yanı sıra girdi ile çıktı parametreleri arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi tanımlamak ve parametre seviyelerinin yakın bir kombinasyonunu elde etmek amacıyla Yapay Sinir Ağı ile Genetik Algoritma kullanılmıştır.

Stanger vd. (2013) güvenli ve etkin kan tedariki için yatay aktarmanın etkili bir araç olup olmadığını araştırmıştır. Çalışmada kurumsal teori merceği altında kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin yatay aktarmalardan nasıl fayda sağlayacağı ve uygulaması için nelerin gerektiği olduğu tartışılmıştır. Birleşik Krallık'taki 16 hastaneden veriler toplanmış ve iki grup altında incelenmiştir.

Sonuç olarak yatay aktarmaların, kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin etkin ve güvenli faaliyetinin kurumsal gereksinimlerini sağlaması için önemli bir örgütsel yapıyı temsil ettiği gösterilmiştir.

Stanger (2013) çalışmasında stokların satıcı tarafından yönetildiği bir politikanın, kan ve kan ürünleri tedarik zincirinde uygulanması için genel bir çerçeve geliştirmiştir. Geliştirilen çerçevenin Alman kan ve kan ürünleri tedarik zinciri üzerindeki uygunluğunu incelemek amacıyla Almanya'daki hastanelerden sağlanan verilerle model test edilmiştir. Araştırma sonucunda, hastanelerin geliştirilen modeli örgütsel ve teknik açıdan uygulayabileceği ancak transfüzyon laboratuvarı yöneticilerinin kan gibi kritik bir ürün için bunun uygulanmasını tereddütlerle karşıladıkları gözlemlenmiştir.

Duan ve Liao (2014) sekiz çeşit kan grubu için bir hastane ve kan merkezinin bulunduğu bir tedarik zincirinde eritrosit sipariş politikalarını optimize etmeyi amaçlayan bir çalışma yapmıştır. Bunun için simülasyon tabanlı bir optimizasyon modeli önerilmiştir. Üç farklı senaryo için çözüm aranan çalışmada modelin çözümü için Meta-sezgisel yaklaşım kullanılmıştır.

Afshar, Sadeghiamirshahidi, Firouzi, Zahraee, vd. (2014) ortalama stok seviyesini iyileştirmek amacıyla kan ve kan ürünleri tedarik zinciri için simülasyon modeli önermiştir. Çalışmada tüm tedarik zinciri optimizasyonu için sistemin dinamik davranışları dikkate alınmıştır. Model, merkezinde bölge kan merkezinin bulunduğu üç aşamalı bir tedarik zinciri olarak geliştirilmiştir. Ortalama stok seviyesini iyileştirmek amacıyla 17 adet senaryo denenmiş ve en iyi parametre değerleri belirlenmiştir.

Afshar, Sadeghiamirshahidi, Firouzi, Shariatmadari, vd. (2014) de sistem dinamikleri analizi kullanarak kan ve kan ürünleri tedarik zinciri sistemini incelemiştir. Çalışmada Malezya Ulusal Kan Merkezi vaka çalışması olarak belirlenmiştir. Model mobil tesislerden, ulusal kan merkezinden ve hastanelerden oluşan üç aşamalı tedarik zinciri olarak planlanmıştır. Dört farklı senaryonun denendiği modelde, belirlenen stok seviyesinin müşteri taleplerinin tümünü karşılamaya yeterli olduğu ifade edilmiştir.

Abbasi ve Hosseinifard (2014) trombosit gibi kan ve kan ürünleri için düzenlenen politikaları ele almışlardır. Bu çalışma kan ve kan ürünleri için uyarlanmış “ilk giren ilk çıkar” politikasını önermiştir. Önerilen bu politika bazı durumlarda, eğer amaç fonksiyonu tek bir ekonomik fonksiyon ise ya da bu fonksiyon çok amaçlı bir model olarak formüle edilirse, “ilk giren ilk çıkar” ile “son giren ilk çıkar” politikalarından daha üstün performans gösterdiği görülmüştür.

Abdulwahab ve Wahab (2014) raf ömrü kısa olan trombosit ürünlerini stoklamak amacıyla bir kan bankasının kurulmasına yönelik çalışabilir bir model önermiştir. Çalışmada sekiz kan türü, stokastik talep, stokastik tedarik ve deterministik talep faktörleri göz önüne alınmış ve Dinamik

Programlama kullanılarak modelleme yapılmıştır. Bir kan grubu üzerinde uygulanan model, stokta bulunan ürün miktarında %40 artış, stoksuz kalma oranında %3,9'dan %1,5'e düşüş ve raf süresi tükenen ürün miktarında ise %4,6'dan %1,8'e azalma sağlamıştır.

Katsaliaki vd. (2014) kan ve kan ürünleri tedarik zincirinde karar verici pozisyonunda olan kişileri eğitmek amacıyla İngiltere için kan ve kan ürünleri tedarik zinciri modeli önermiştir. Bunun için donörden hastaya kadar olan kan tedarikini simüle eden Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Oyun Modeli geliştirilmiştir. Matematiksel model altyapılı bu Excel tabanlı oyun, öğretici örnek sahneleri ve katılımcı değerlendirmelerini sunmaktadır. Bu oyunun hastaların yararına olacak çözümler önermeyi, süreç analizi yapmayı, arz ve talebi eşitlemeyi ve tedarik zincirinin toplam değerini maksimize etmeyi amaçladığı belirtilmiştir.

Gunpinar ve Centeno (2015) hastanelerdeki kan ürünlerinde israfı, stoksuz kalmayı ve toplam maliyeti minimize etmek için bir model geliştirmiştir. Stokastik Tamsayı Programlama kullanılan bu model için bir bölge kan merkezinden alınan verilerle model çalıştırılmıştır. Sonuç olarak, israf olan kan ürünleri oranında ortalama %19,9'dan %2,57'e azalma olduğu ve stoksuz kalma ile toplam maliyet oranlarında ise sırasıyla %91,43 ve %20,7 düşüş olduğu gözlemlenmiştir.

Bentahar vd. (2016) kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin izlenmesi konusunu ele almıştır. Çalışma bilgi sistemine dayalı bir izlenebilirlik projesinin tasarımı ve uygulanması konularının yanı sıra üst düzey yönetim ve proje ekibinin gerekli performansı sağlamak için öngörmesi ve kontrol etmesi gereken stratejik ve örgütsel konuları içermektedir.

Sibuea vd. (2017) ise Gunpinar ve Centeno (2015)'nin önerdiği modeli, kan grupları ile ürün raf ömrünü dikkate alarak yeniden geliştirmiştir. Böylece, hastane kan taleplerinin daha etkin yönetilmesi ve belirli kan gruplarındaki hastalara kan transfüzyonunda oluşacak hata ve risklerin önlenmesi planlanmıştır.

Dillon vd. (2017) eritrosit stok yönetimi için optimal periyodik gözden geçirme politikalarını tanımlayacak iki aşamalı Stokastik Programlama modeli önermiştir. Çalışmada talep belirsizliği ve ürün bozulabilirliği altında operasyonel maliyetlerin, ürün israfının ve stoksuz kalma riskinin en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Önerilen model, talebin belirsiz doğasını ve kan birimlerinin bozulabilirliğini göz önüne alarak optimal (R, S) kontrol politikalarını tanımlamak için ürün sipariş, bekleme, bozulma ve yok satma maliyetlerini dikkate almıştır.

Ensafian vd. (2017) kan toplama merkezlerinden kan transfüzyon merkezlerine kadar uzanan tedarik zinciri içerisinde trombositlerin toplanması, üretimi, depolanması ve dağıtımı için Stokastik Karma Tamsayı Programlama modeli sunmuştur. Bu modelde, trombosit transfüzyon hizmetlerinin kalitesini ve güvenliğini arttırmak için hastanın türüne bağlı olarak trombosit raf ömrü ve ABO-Rh

öncelik eşleştirme kuralları birleştirilmiştir. İlk önce, donörlerin sayısını tahmin etmek için Markov Zincir Süreci uygulanmıştır. Daha sonra, talep belirsizliğinin üstesinden gelmek için iki aşamalı Stokastik Programlama süreci işletilmiştir.

Osorio vd. (2017) kan ve kan ürünleri tedarik zincirinde üretim planlama konusunu ele almıştır. Üretim planlamada hem stratejik hem de operasyonel kararların alınmasını destekleyecek simülasyon bazlı optimizasyon modeli önerilmiştir. Gerçek veriler üzerinde test edilen model stoksuz kalmada, raf ömrü dolmuş ürün sayısında, gerekli olan donör sayısında ve toplam maliyette iyileşme sağlamıştır.

Valan ve Raj (2018) kan ve kan ürünleri tedarik zincirinde nesnelerin interneti ile büyük veri teknolojilerinin kullanımını ve önemini araştıran bir çalışma sunmuşlardır. Çalışmada kan hizmetleri faaliyetlerinin iyileştirilmesi için nesnelerin interneti paradigmasının kan ve kan ürünlerine uyarlanması amacıyla rehber olacak bir yapı önerilmiştir.

Osorio, Brailsford ve Smith (2018) çalışmasında kan merkezi yöneticilerinin kan toplama ve işleme kararları konusunda zorluklarla karşılaştıklarından bahsetmiştir. Bundan yola çıkılarak çalışmada yöneticilerin karar vermesine yardımcı olacak bir model önerilmiştir. Önerilen model, hem maliyeti hem de gereken donör sayısını en aza indirirken, aynı zamanda talebi karşılamak için teknoloji seçimi, donör tahsisi ve ikame ürünlerin kullanılması gibi stratejik kararları desteklemektedir.

Fortsch ve Perera (2018) kan merkezinin belirsiz ortamlara karşı direncini artıran uygulanabilir ve esnek bir donör geliş politikası geliştirmiştir. Önerilen politika, New York'ta büyük bir kan merkezinden alınan veriler kullanılarak tasarlanmış ve doğrulanmıştır. Önerilen politikanın ürün israfının ve stoksuz kalma durumunun azaltılmasında mevcut kan ikame politikalarından daha etkili olduğu (herhangi bir kabul edilebilir emniyet stoku için neredeyse sıfır stoksuz kalma durumu ile) gösterilmiştir.

Dehghani ve Abbasi (2018) tedarik zinciri performansını artırmak için sistemdeki en eski ürünün raf ömrü süresine göre bozulabilir ürünler için yeni bir taşıma politikası önermiştir. Önerilen model hastaneler arası kan ürünlerinin taşınması için uygulanmıştır. Önerilen model Avustralya'daki hastanelerde uygulanan mevcut politika ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak, önerilen modelin toplam stok maliyetinde önemli iyileştirmeler yaptığı gözlemlenmiştir.

Baş Güre vd. (2018) kan bağıışı çizelgeleme problemine odaklanmıştır. Çalışmada dengesiz bir kan akışının kan bağıış sistemi üzerindeki etkisi ve uygun bir randevu çizelgelemesinden elde edilebilecek faydalar analiz edilmiştir. Bunu yapmak amacıyla kan toplama aşaması için optimizasyon yaklaşımları geliştirilmiştir.

Tsang vd. (2018) kan ve kan ürünleri tedarik zincirinde sipariş sürecini kolaylaştırmak ve personel verimliliğini yeniden tahsis etmek için bir bilişim platformu geliştirerek stok yönetimini iyileştirmeyi amaçlayan bir çalışma yapmıştır. Bu amaçla stok seviyelerini belirlemek, elektronik sipariş sürecini optimize etmek ve işçilik süresini azaltmak için bir kurum içi yazılım programı oluşturulmuştur. Geliştirilen yazılım programı 3 aylık süre için uygulanmıştır. Uygulama neticesinde önerilen modelin yılda 360 saatten fazla iş gücü esnekliği sağlamasına rağmen iş gücü yoğun ve manuel yapılan faaliyetlerden aşağı kalır yanının olmadığı görülmüştür.

Clay vd. (2018) kan ve kan ürünleri tedarik zinciri veya lojistik yapısının ürün stoklarında yaşanan değişkenliğe etkisini incelemiştir. Bunun için kan stok modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu model, bir kan ürünü olan eritrosit bileşenlerinin davranışını incelemektedir. Önerilen model ile kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin beklenmeyen durumlara karşı güçlendirilmesi ve iyileştirilmesi beklenmektedir.

Hosseinifard ve Abbasi (2018) kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin sürdürülebilirliği üzerinde stokları merkezileştirmenin etkisini incelemiştir. Çalışmada iki aşamalı bir tedarik zincirinin ikinci aşamasında merkezleşmenin etkisi araştırılmıştır. Bu aşamada bulunan birbirine yakın olan bazı hastaneler, kendisine komşu olan hastanelerin ek taleplerini karşılamak amacıyla merkezi stok bulundurmaktadır. Çalışma sonuçları, merkezileştirmenin kan ve kan ürünleri tedarik zincirinde önemli bir faktör olduğunu ve tedarik zincirinin sürdürülebilirliğini ve esnekliğini artırabileceğini göstermiştir.

Sangode ve Choudhary (2018) etkili bir orak hücre tedavisi için kan bankalarına yönelik tedarik zinciri modeli önermiştir. Çalışmada ilk olarak halkın kan bağışi konusunda farkındalık seviyesi ve mobil bir uygulama kullanılabilirliği belirlenmeye çalışılmıştır. Ardından mobil teknolojinin de içinde yer aldığı bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri modeli önerilmiştir.

Boonyanusith ve Jittamai (2018) kan ve kan ürünleri tedarik zincirindeki risklerin ve risk yönetim faaliyetlerinin değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bunun için “risk evi” (HoR) modeli adı verilen proaktif bir risk yönetim aracı kullanılmıştır. Uygulama sonucunda iş birliği eksikliğinin, karar alma konusunda yetersiz bilginin ve sınırlı bilgi paylaşımının kan ve kan ürünleri tedarik zinciri yönetimine en çok etki eden üç risk faktörü olduğu görülmüştür.

Klinkenberg vd. (2019) kan ve kan ürünleri tedarik zincirindeki çalışanlar arasında göçmen kan bağışçılar konusundaki algı ve deneyimleri incelemiştir. Yapılan inceleme ile kan ve kan ürünleri tedarik zincirindeki engelleri ve bunların çözümlerini belirlemiştir.

Nagurney ve Dutta (2019) kan ve kan ürünleri sektöründeki rekabetin giderek zorlaştığı bir ortamda faaliyet gösteren kan hizmeti sağlayıcılarının kan bağışi toplama işlemi için bir Oyun Teorisi

modeli geliştirmiştir. Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında artan rekabetin kaliteli hizmet seviyesini artırbileceği ve kan hizmeti sağlayıcılarının birden fazla bölgede kan toplama alanlarının olmasının fayda sağlayacağı grlmştir.

Özener vd. (2019) kan bağış problemi konusunu ele almıştır. Çalışmanın amacı, planlama dönemi boyunca kan ürünleri için oluşan talebi karşılamak ve bununla beraber bağışla ilgili maliyetleri (bağış, stok ve elden çıkarma maliyetleri) de en düşük seviyede tutmak olarak belirlenmiştir. Bunun için donör havuzundaki donörler için kan bağış programı önerilmiştir. Önerilen program bir matematiksel programlama modeli kullanılarak geliştirilmiştir.

Rajendran ve Ravindran (2019) talep belirsizliği altında kan ve kan ürünleri tedarik zinciri için sipariş politikaları konusunu incelemiştir. Çalışmada trombosit yetersizliğini ve israfını en aza indirmek amacıyla tüm kan ve kan ürünleri tedarik zinciri boyunca stok modeli geliştirilmiştir. Bunun için Stokastik Tamsayı Programlama modeli kullanılmıştır. Geliştirilen model ile hastanelerin ve kan merkezlerinin, kendi talep ve maliyetlerinin nasıl olacağına dair en iyi sipariş politikasını belirleyebileceği ifade edilmiştir.

Larimi vd. (2019) hastaneler ve klinikler arasında tek yönlü yatay aktarma düşünülerek trombosit tedarik zinciri için bir Stokastik ok Amaçlı Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama modeli önermiştir. Model raf ömrü ve ürün tipi farklılık gösteren ürünlerin toplanma, test edilme, üretilme, stoklanma ve dağıtılma faaliyetlerini kapsamaktadır. Ayrıca modelde personel hataları, laboratuvar hijyeni, cihaz arızası ve donörlerin kan kontaminasyonu gibi olumsuzluklar dikkate alınmıştır. Monte Carlo simülasyon tekniği kullanılarak model için çeşitli senaryolar oluşturulmuştur. Uygulama sonucunda ise talep karşılanma oranı artırılmış ve trombosit israf riski de azaltılmıştır.

Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ile ilgili yukarıda verilen literatür araştırması özetlenirse; kan ürünleri için stok seviyelerini belirleyen ve çeşitli politikalar öneren, kan ve kan ürünlerinin izlenmesi üzerine yapılan, stokları merkezileştirmek amacıyla yapılan, kan bankalarının etkinliğini ve verimliliğini ortaya koymayı amaçlayan, kan bankası merkezlerinde karar verici pozisyonunda olan yöneticilere karar destek sağlamak amacıyla yapılan ve kan tedarik zinciri politikaları, modelleri ve teorik uygulamalarını konu alan çeşitli çalışmaların olduğu grlmştir.

### **3.2.3. Kan ve Kan rnleri Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili alışmalar**

Ghandforoush ve Sen (2010) bir bölge kan merkezi için üretim planlamasına ve mobil tesislerin atanmasına yönelik bir model önermiştir. Önerilen modelin bölge kan merkezi yöneticisine, tam kanın toplanma alanlarından kan işleme merkezine ulaşımının planlaması konusunda yardımcı olacağı ngrlmştir. Bir bölge kan merkezinden elde edilen verilerle model test edilmiştir.

Uygulama sonucunda önerilen modelin, üstün bir üretim planlaması ve mobil tesis atama programı ürettiği ve günlük talebi daha iyi karşıladığı görülmüştür.

Nagurney vd. (2012) bozulabilir bir ürün olan kan ve kan ürünlerinin toplanma, test, işleme ve dağıtım faaliyetlerinin yönetimi için bir tedarik zinciri ağ optimizasyon modeli geliştirmiştir. Geliştirilen matematiksel model atık bertaraf maliyetlerinin, talep noktalarındaki eksik ve fazla ürünlerin maliyetlerinin ve yeterli miktarda kan bağıışı toplanılmaması riskinin değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bu değerlendirme olabildiğince belirsiz taleplerin karşılanması varsayımı altında yapılmıştır.

Blake ve Hardy (2013) Kanada'nın sahil bölgesinde faaliyet gösteren kan dağıtım ağındaki toplama ve dağıtım tesislerinin birleştirilip tek bir tesis haline getirilmesinin müşteri hizmeti üzerindeki etkisini araştırmıştır. Simülasyon tekniğinin kullanıldığı mevcut model ile önerilen model kıyaslanmıştır. Uygulama neticesinde, bu iki tesisin birleştirilmesinden dolayı müşteri hizmetleri üzerinde herhangi bir azalma olacağına dair bir kanıtın olmadığı ve kan merkezi faaliyetleri için simülasyon modelinin sonuçlarının örnek alınabileceği ifade edilmiştir.

Jabbarzadeh vd. (2014) bir afet anında ve sonrasında kan ve kan ürünleri için dinamik bir tedarik zinciri ağ modeli geliştirmiştir. Geliştirilen bu modelin afet anında kan ve kan ürünleri için oluşan arz ve talep belirsizliği durumunda ve aynı zamanda tesis yeri seçimi ve tahsisi kararlarında yardımcı olacağı belirtilmiştir.

Arvan vd. (2015) kan ve kan ürünleri tedarik zinciri bileşenleri için yer seçimi ve bunların tahsisine yönelik bir konu çalışmıştır. Çalışmanın konusunu oluşturan bileşenler ise kan bağıış merkezleri, ürün test ve işleme laboratuvarları, kan bankaları ve talep noktaları olarak belirlenmiştir. Epsilon Kısıt tekniği ile model çözümü aranan çalışmada hem maliyet hem de kalan ürünlerin süresinin minimizasyonu hedeflenmiştir.

Jokar ve Hosseini-Motlagh (2015) acil durumlarda kan yetersizliğini, kan israfını ve kan tedarik maliyetini azaltmayı amaçlayan bir optimizasyon modeli önermiştir. Geliştirilen model çeşitli afet senaryoları altında tesislerin yerini ve sayısını belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırma neticesinde mobil tesis miktarının toplam maliyet üzerindeki etkisinin sınırlı olmasına rağmen açılacak olan sabit ve geçici tesislerin sayısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Zahiri vd. (2015) kan ve kan ürünleri tedarik zinciri sisteminin daha etkili ve verimli yönetilmesi amacıyla ürün toplama ve dağıtımını için ağ tasarım problemini konu almıştır. Önerilen model her periyotta sabit ve geçici tesislerin yerini ve sayısını optimum olarak belirlerken aynı zamanda kurulan tesislere kan bağıışı yapacak donörlerin atamasını da yapmaktadır. Bu kararlar minimum maliyet hedefleri içerisinde gerçekleştirilmiştir.



Blake vd. (2016) kan ve kan ürünlerinin dağıtımını konusunu ele almıştır. Çalışmada Kanada Prairie bölgesinde ağ üzerinde yapılacak değişikliklerin bölgesel kan ve kan ürünleri dağıtım ağı üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla simülasyon bazlı bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model bölgede ürün stoklamak için kullanılan deponun gerekli olup olmadığı konusunda karar almayı desteklemek için geliştirilmiştir. Model, ele alınan konuyu ürün israfı ve ürün bulunabilirliği başlıkları altında incelemiştir.

Chaiwuttisak vd. (2016) Tayland'da düşük maliyetli kan toplama ve dağıtım merkezlerinin yerlerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Çalışmada önceden belirlenen yerlere kan merkezi açılıp açılmayacağı ve bu tesisler ile hastanelerin hangi bölge kan merkezine atanacağı konusu değerlendirilmiştir.

Cheraghi vd. (2016) çalışmalarında mobil tesislerin, kan merkezlerinin ve hastanelerin ana bileşenler olduğu bir kan toplama ve dağıtım ağını konu edinmiştir. Bu ürün toplama ve dağıtım modelinde her periyot diliminde hangi tesisin nereye kurulacağı ve bunlardan kaç tane açılacağı belirlenmeye çalışılmıştır. Bununla beraber, model maliyetinin minimum seviyede tutulması da hedeflenmiştir.

Fereiduni ve Shahanaghi (2016) acil durumlarda kan ve kan ürünleri tedarik zinciri için çoklu periyodik bir model sunmuştur. Önerilen model, afet sonrası kan tesislerinin yerini belirlemek ve kan ürünlerinin dağıtımını ile kararları optimize etmeyi amaçlamaktadır. Çalışma kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin paydaşları olarak donör noktalarını, kan tesislerini, ürün işleme ve test laboratuvarlarını ve hastaneleri ele almaktadır.

Kohneh vd. (2016) deprem sonrası için kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ modeli önermiştir. Önerilen modelin amacı, kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin genel maliyetlerini en aza indirmek ve ağın kapsadığı kan bağışçı sayısını en yükseğe çıkarmak olarak belirlenmiştir. Model kan bağış bölgelerini, mobil tesislerini, kan bağış merkezlerini, kan merkezlerini, hastaneleri ve hasta talep noktalarını kapsamaktadır. İran'ın Tahran şehri için uygulanan modelin deprem koşulları altında etkili çözümler ürettiği gözlemlenmiştir.

Mouatassim vd. (2016) kan ve kan ürünleri tedarik zincirini konu alan Oyun Teorisi bazlı bir optimizasyon problemini ele almıştır. Çalışmada Ulusal Kan Transfüzyon ve Hematoloji Merkezi çevresinde merkezleştirilmiş olan 16 bölgesel kan transfüzyon merkezinden oluşan Fas örneği incelenmiştir. Çalışma taşıma, kullanılmayan ürün ve yok satma maliyetlerini dikkate alarak oluşturulan her bir koalisyonun maliyetini en aza indirmeyi amaçlamıştır.

Fahimnia vd. (2017) afet durumlarında kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ modeli önermiştir. Tedarik zinciri planlamasında donörler, mobil tesisler, yerel kan merkezleri, bölge kan merkezleri ve

talep noktaları dikkate alınmıştır. Bu planlama hem maliyet hem de dağıtım süresi minimizasyonu altında yapılmıştır.

Fazli-Khalaf vd. (2017) kan bağıışı grupları, kan toplama tesisleri, laboratuvarlar, kan merkezleri ve hastaneler olmak üzere beş aşamadan oluşan bir tedarik zinciri modeli geliştirmiştir. Önerilen matematiksel model, laboratuvarlarda bağıışlanan kanın toplam test güvenilirliğini en üst düzeye çıkarırken toplam tedarik zinciri maliyetlerini ve tesisler arasındaki taşıma süresini en aza indirmeyi amaçlamıştır.

Heidari-Fathian ve Pasandideh (2017) donörleri, toplama tesisleri ve talep noktalarını barındıran üç aşamalı güvenilir bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı modeli sunmuştur. Toplama safhasında, üç çeşit tesis göz önünde bulundurulmuştur: Ana kan merkezleri, sökülebilir toplama merkezleri ve mobil tesisler. Sökülebilir toplama merkezleri ve mobil tesisler, kalıcı bir yere sahip olmayan ve her zaman bir yerden diğerine taşınan ve donörlerden kan toplamak ile sorumlu tutulurken ana kan merkezleri, kan alma, kan ürünleri üretme ve talep noktalarına göndermekten sorumlu tutulmuştur. Ayrıca, sunulan model kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin toplam maliyetini minimize etmeyi amaçlamıştır.

Kaveh ve Ghobadi (2017) kan ve kan ürünleri tedarik zinciri sistemindeki hastanelerin kan merkezlerine atanmasını konu alan tahsis problemini ele almıştır. Çalışma grafik bölümlene ve Meta-sezgisel optimizasyon algoritmaları kavramına dayanarak, hastaneler ve kan merkezleri arasındaki toplam mesafeyi en aza indirmek amacıyla etkili bir teknik önermektedir. Önerilen tekniğin hem hesaplama zamanı hem de optimizasyon değeri bakımından oldukça tatmin edici bir performans gösterdiği ifade edilmiştir.

Khalilpourazari ve Arshadi Khamseh (2017) deprem büyüklüğüne bağılı olarak kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı tasarımı modeli önermiştir. Çalışmada deprem büyüklüğüne bağılı olarak, mobil ve geçici tesislerin yerinin belirlenmesi, donör guruplarının kan toplama merkezlerine atanması, her bir seviyedeki kan merkezinin stok miktarlarının belirlenmesi ve toplama merkezlerindeki toplanan kan ürünlerinin kan merkezlerine taşınması faaliyetlerine odaklanılmıştır.

Masoumi vd. (2017) birleşme ya da satın alma durumuna yönelik kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı modeli önermiştir. Çalışmada maliyet iyileştirmesi hedeflenerek birleşme öncesi ve sonrasına ait ağı modelleri sunulmuştur.

Ramezani ve Behboodi (2017) kan donörlerinin kan tesislerine olan uzaklığı, kan tesislerinde donör deneyim faktörü ve kan tesislerinde reklam bütçesi parametreleri gibi sosyal boyut faktörlerin etkisi altında kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı tasarımı önermiştir.

Salehi vd. (2017) bir kriz altında kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı modeli önermiştir. Önerilen bu model İran'ın Tahran kentinde olası bir depreme yönelik geliştirilmiş ve bunun için 1999 yılında yayınlanan bir raporun verileri kullanılmıştır. Çalışmada kan ve kan ürünleri talepleri için çeşitli senaryolar denemiştir. Çalışma sonucunda ise önerilen modelin geçerliliği incelenmiş ve olası bir kriz için modelin kullanılabilceği belirtilmiştir.

Zahiri ve Pishvae (2017) belirsizlik altında kan grubu uyumluluğunu dikkate alan kan tedarik zinciri ağ tasarımı konusunu işlemiştir. Önerilen modelde hem toplam maliyet hem de karşılanmayan talep minimize edilmiştir. Ayrıca, model İran'ın Mazandaran eyaleti üzerinden gerçek veriler ile çalıştırılmıştır.

Bruno vd. (2018) İtalya'daki bölgesel kan ve kan ürünleri yönetim sisteminin yeniden tasarlanması konusunu ele almıştır. Çalışma bölgedeki kan taleplerinin karşılanmasından ödün vermeden toplam yönetim maliyetini de azaltmayı hedeflemiştir. Bir yer seçimi problemi modeli üzerine odaklanan çalışmada bazı bölgelerden elde edilen gerçek hayat verileri ile çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar modelin, sistemi kademeli olarak değiştirebilecek olası bir planın tanımlanması için gerçekçi senaryolar üretebildiğini göstermiştir.

Cheraghi ve Hosseini-Motlagh (2018) afet yardımı için yaralanma odaklı duyarlı ve güvenilir bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri modeli geliştirmiştir. Geliştirilen model yaralı kişilerin aciliyet seviyelerini ve taleplerin önem derecesini, talep noktaları arasındaki kan dağılımının adaletini ve afet koşulları altındaki belirsizliklerden ve aksaklıklardan kaynaklanan riskleri vurgulamaktadır.

Eskandari-Khanghahi vd. (2018) afet esnası ve sonrasında meydana gelen belirsizlik altında çok periyotlu ve çok amaçlı sürdürülebilir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı önermiştir. Model paydaşlarını, donör grupları, kan bağış merkezleri, dağıtım merkezleri ve talep noktaları olan hastaneler oluşturmaktadır. Model, toplam maliyet ve çevresel etki minimizasyonunu ve sosyal fayda maksimizasyonunu sağlayarak ağ etkinliğini artırmayı amaçlamıştır.

Ghatreh vd. (2018) afet yardımı için bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı önermişlerdir. Önerdikleri model, maliyet etkinliği (toplam maliyetleri minimize ederek), yanıt verebilirlik (maksimum tatmin edilemeyen talebi minimize ederek) ve tasarlanan ağın etkililiği (bölgesel kan merkezlerindeki kan üretimi ile talep noktasındaki ürün tüketimi arasındaki zaman aralığını minimize ederek) arasında bir denge analizi sağlamaktadır.

Habibi-Kouchaksaraei vd. (2018) ürün tedarik, işleme ve dağıtım aşamalarından oluşan afetlere yönelik bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı geliştirmiştir. Önerilen modelin amacı, üç farklı senaryo altında tesislerin sayısını ve yerini tahsis etmek için gerekli en iyi stratejiyi belirleme ve toplam maliyet ile ürün stoksuzluğunu minimize etme olarak belirlenmiştir.

Heidari-Fathian ve Pasandideh (2018) hem çevresel etkileri az olan hem de toplam maliyeti yüksek olmayan sürdürülebilir bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı sunmuşlardır. Söz konusu yeşil kan tedarik zinciri ağı, kan bağışçılardan, mobil tesislerden, kalıcı toplama birimlerinden, ana kan merkezlerinden ve talep bölgelerinden oluşturulmuştur.

Nagurney ve Dutta (2018) rekabet bazlı bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ modeli önermişlerdir. Önerilen genelleştirilmiş Nash Dengesi modeli, kâr amacı gütmeyen organizasyonların tedarik zincirleri ürün bozulabilirliği yanında fedakarlık faktörünü de dikkate almaktadır. Model, organizasyonlar arasındaki rekabeti sadece donörler üzerinden değil aynı zamanda hastane ve tıp merkezleri üzerinden de değerlendirmektedir.

Osorio, Brailsford, Smith, vd. (2018) merkezleştirilme faktörünü göz önüne alarak çeşitli yer seçimi ve tahsis kararları içeren modeller sunmuştur. Bu modeller, çeşitli senaryolar altında Kolombiya'ya ait gerçek veriler üzerinden kıyaslanmıştır. Sonuç olarak en fazla merkezleştirilen modelin maliyetinin en az merkezleştirilen modelin yaklaşık %40'na karşılık geldiği görülmüştür.

Özener ve Ekici (2018) kan ve kan ürünleri tedarik zincirindeki trombosit arzını iyileştirmek amacıyla kan toplama araçları için rotalama problemini ele almıştır. Çalışmada trombosit üretimi için en yüksek miktarda kan bağışının toplanması ve işlenmesi için kümeleme ve rotalama teknikleri entegre biçimde kullanılmıştır. Ayrıca, kan bağış bölgelerinin kümeleme işlevi yalnızca bir aracın hizmet verebileceği şekilde yapılmıştır.

Rahmani (2018) afet zamanında acil kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı modeli önermiştir. Önerilen modelin diğer acil tedarik zinciri modellerinden farkı ise ürün bozulma ve belirsizlik riskini eş zamanlı işlemesi olarak gösterilmiştir.

Samani ve Hosseini-Motlagh (2018) belirsizlik ya da bir afet riski altında kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağının planlanması ve tasarımı konusunda iki aşamalı önleyici bir politika içeren bir öneri sunmuştur. Bunun için yer seçimi-tahsis problemini konu alan matematiksel bir model önerilmiştir. Çalışmada üretim sürecinde iş birliği yapma, yaşanabilecek aksaklıkları azaltma ve ek kan tesislerinin belirleme konusu çalışılmıştır. Önerilen model çeşitli senaryolar altında minimum maliyetle kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ güvenilirliğinde ve sağlamlığında tutarlılığı korumayı amaçlamıştır.

Zahiri, Torabi vd. (2018) kan ürünlerinin toplanması, üretimi/test edilmesi, dağıtılması ve rotalanması planlaması için yeni bir model önermiştir. Geliştirilen model, hastaneye sevk olacak olan kan ürünlerinin toplam maliyetini ve tazeliğini eş zamanlı olarak optimize etmeyi amaçlamaktadır.

Hamdan ve Diabat (2019) eritrosit ürünleri için üretim, stok ve yer seçimi kararlarını eş zamanlı yürüten iki aşamalı stokastik bir model önermiştir. Model ilk aşamada, mobil tesislerin sayısını belirlerken ikinci aşamada ise stok ve üretim kararlarını belirlemektedir. Model, raf ömrü dolmuş ürün sayısını, sistem maliyetini ve ürün dağıtım süresini en aza indirmeyi hedeflemiştir. Gerçek veri üzerinde test edilen modelin uygulaması Ürdün’de gerçekleştirilmiştir.

Mohamed vd. (2019) kan bağış merkezlerinin, bölgesel kan merkezlerinin, imha merkezlerinin ve hastanelerin olduğu bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı modeli önermiştir. Önerilen model Marmara bölgesi üzerinde uygulanmıştır. Uygulama sonucunda bölge kan merkezi sayısı 3’ten 2’ye düşürüldüğünde ya da mevcut sayı muhafaza edildiğinde tesis açma ve taşıma maliyetlerinin arttığı buna karşın kan bağış merkezi sayısının 3’ten 4’e çıkarıldığı durumda ise tesis açma ve taşıma maliyetlerinin azaldığı görülmüştür.

Samani vd. (2019) kan ve kan ürünleri tedarik zincirini kapsamlı olarak modellemek için hem nicel hem de nitel faktörlerin dahil edildiği yeni çok amaçlı matematiksel model önermiştir. Önerilen modelde nicel faktörler, ürün tazelik kaybını ve ağır toplam maliyetini en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Diğer taraftan, kan toplama tesislerinin sayısının, nitel ölçütlere dayanan bir formülasyonla en üst düzeye çıkarılması amaçlanmıştır. Gerçek bir vaka çalışmasına uyarlanan modelin sonuçlarına göre karar vericilerin, kan tesislerinin yeri ile ilgili maliyet odaklı düşünmenin yanı sıra kaliteye dayalı gereksinimlerin de farkında olması gerektiği ortaya konmuştur.

Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, genel olarak yer seçimi, tesis ataması ve araç rotalama problemlerinin ele alındığı görülmüştür. Çalışmalarda mobil tesis, kan bağış merkezi, depo ve transfüzyon merkezi yer seçimi konularının yanı sıra donör guruplarının kan bağış merkezlerine ve transfüzyon merkezlerinin ise bölge kan merkezlerine atanması konuları ele alınmıştır. Ayrıca, çalışmaların önemli bir kısmında afet sonrası tedarik zinciri modelleri konusu işlenmiştir.

### **3.3. Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Ağ Tasarımında Matematiksel Programlama Kullanan Çalışmaların Sınıflandırılması**

Bu kısımda 3.2.3’de ele alınan çalışmalar içerisinde tedarik zinciri ağ tasarımı matematiksel programlama kullanan çalışmalar incelenmiştir. Buna göre, matematiksel programlama kullanarak ağ tasarımı modellemesi yapan çalışma sayısının toplam 32 adet olduğu tespit edilmiştir. Tespiti yapılan bu makaleler; ilgili çalışmaların model, amaç fonksiyonu ve çıktı türleri, ilgili çalışmaların çözüm yaklaşımları ve kan ve kan ürünleri tedarik zincirinde paydaş kullanımına göre çalışmaların dağılımı başlıkları altında sayısal verilerle verilmiştir.

**Tablo 7: Literatürdeki Çalışmaların Model, Amaç Fonksiyonu ve Çıktı Türleri**

Çalışma	Model	Amaç Fonksiyonu		Çıktı(lar)
		Tek	Çoklu	
Ghandforoush ve Sen (2010)	TDOP	MM		TAK, ÜM, TUR, ABÜM
Jabbarzadeh vd. (2014)	TP	MM		YS, TAK, TM, TKM, SM, PS, SS
Arvan vd. (2015)	KTDP		MM, DSM	YS, TAK, TM, RS
Jokar ve Hosseini-Motlagh (2015)	KTDP	MM		YS, TAK, TM, TK, TKM, SM, PS, SS
Zahiri vd. (2015)	KTDP	MM		YS, TAK, TM, AS, PS
Chaiwuttisak vd. (2016)	TDP		DSM, UM, ÜTM	YS, TAK
Cheraghi vd. (2016)	KTDP	MM		YS, TAK, TM, PS
Fereiduni ve Shahanaghi (2016)	MP	MM		YS, TAK, TM, SM, TKM, PS, SS
Kohneh vd. (2016)	KTP		FKM, KKM	YS, TAK, TM, TKM, SM, PS, SS
Mouatassim vd. (2016)	KTDP	MM		TAK, TM, SM, TK, AS, RS, DD
Fahimnia vd. (2017)	TP		MM, DSM	YS, TAK, TM, SM, PS, SS
Fazli-Khalaf vd. (2017)	FKTP		MM, DSM, TGM	YS, TAK, TM, SM, AS, PS, TT
Heidari-Fathian ve Pasandideh (2017)	KTP	MM		YS, TAK, TM, ÜM, TKM, SM, PS
Kaveh ve Ghobadi (2017)	MP	UM		YS, TAK
Khalilpourazari ve Arshadi Khamseh (2017)	KTDP		MM, DSM	YS, TAK, TM, SM, TUR, TKM, PS, TT
Ramezani ve Behboodi (2017)	KTDP	MM		YS, TAK, TM, TKM, SM, PS, D
Salehi vd. (2017)	KTP	MM		YS, TAK, TKM, SM, ÜM, TM, PS, SS
Zahiri ve Pishvae (2017)	FKTP		MM, TKM	YS, TAK, TM, ÜM, PS
Bruno vd. (2018)	TP	MM		YS, TAK, TM, TK
Cheraghi ve Hosseini-Motlagh (2018)	DOP		MM, SKM	YS, TAK, TM, TKM, SM, PS, SS, DD
Eskandari-Khanghahi vd. (2018)	FKTDO P		MM, ÇKM, SFM	YS, TAK, TM, SM, RS, PS
Ghatreh Samani vd. (2018)	FKTDP		MM, DSM, TKM	YS, TAK, TM, SM, ÜM, TKM, ABÜM, PS, SS
Habibi-Kouchaksaraei vd. (2018)	TP		MM, SKM	YS, TAK, TM, SM, PS, SS
Heidari-Fathian ve Pasandideh (2018)	KTP		MM, ÜBOM, ÇKM	YS, TAK, TM, ÜM, TKM SM, PS
Osorio, Brailsford, Smith, vd. (2018)	MP	MM		YS, TAK, TM, TK, DD
Özener ve Ekici (2018)	TDP	ÜTM		TAK, TES, RS, PS, DD
Rahmani (2018)	KTP	MM		YS, TAK, TM, SM, TKM, PS, SS
Samani ve Hosseini-Motlagh (2018)	KTDP	MM		TAK, TM, ÜM, AS, SM, ABÜM, RS, PS, SS
Zahiri, Torabi, vd. (2018)	KTDOP		MM, DSM	YS, TAK, TM, ÜM, ÜSM, SM, RS, PS, SS, DD
Hamdan ve Diabat (2019)	KTP		MM, ÜBOM, DSM	TAK, ÜM, ÜT, TM, SM, TKM, ABÜM, PS
Mohamed vd. (2019)	KTP	MM		YS
Samani vd. (2019)	KTDP		MM, ÜBOM, ÜTM	YS, TAK, TM, ÜM, ÜT, ÜSM, SM, ABÜM, PS, DD

Matematiksel programlama kullanan çalışmaların model, amaç fonksiyonu ve çıktı türlerine göre dağılımı Tablo 7’de verilmiştir. Üç boyut altında dağılımları verilen çalışmalara ilişkin sayısal veriler ise Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8: Literatürdeki Çalışmaların Model, Amaç Fonksiyonu ve Çıktı Türlerine İlişkin Sayısal Veriler**

Model		Amaç Fonksiyonu		Çıktı			
Tür	Sayı	Tür	Sayı	Tür	Sayı	Tür	Sayı
KTDP	10	MM	28	TAK	31	ÜSM	2
KTP	6	DSM	8	YS	27	ÜT	2
TP	4	ÜTM	3	TM	27	TUR	2
MP	3	ÜBOM	3	PS	24	TES	1
TDP	2	UM	2	SM	21		
FKTP	2	TKM	2	TKM	13		
TDOP	1	SKM	2	SS	12		
DOP	1	ÇKM	2	ÜM	10		
FKTDOP	1	FKM	1	DD	7		
FKTDP	1	KKM	1	RS	6		
KTDOP	1	TGM	1	ABÜM	5		
		SFM	1	TK	4		
		Tek Amaçlı	17	AS	4		
		Çok Amaçlı	15	TT	2		

İlk olarak çalışmalarda en çok kullanılan model türleri incelenmiştir. Buna göre, çalışmalarda en fazla kullanılan matematiksel programlama türü Karma Tamsayı Doğrusal Programlama olduğu görülmüştür. Bunu takip eden diğer iki modelin ise Karma Tamsayı Programlama ve Tamsayı Programlama olduğu gözlemlenmiştir.

Kullanılan her bir matematiksel model için bir ya da daha fazla amacın gerçekleşmesi hedeflenmiştir. Çalışmalarda geliştirilen modellerin amaçları incelendiğinde hem tek amaçlı modellerin hem de çok amaçlı modellerin tercih edilme sayısının birbirine yakın olduğu görülmüştür. En çok hedeflenen amacın ise açık ara fark ile maliyet minimizasyonu olduğu görülmüştür. Bu amaç türünü takip eden diğer üç amaç türü sırasıyla dağıtım süresi minimizasyonu, ürün toplama maksimizasyonu ve ürün bozulma oranı minimizasyonu olmuştur.

Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı için tasarlanan modeller, tedarik zincirinde hangi paydaşlarla çalışılacağı, tesislerin nereye kurulacağı, hangi üründen nereye ve hangi miktarda sevk edileceği ve hangi periyot ya da senaryo altında hangi üründen ne kadar gerektiği/stoklanacağı gibi çeşitli çıktılar üretmektedirler. Modellerin ürettiği çıktı türleri incelendiğinde daha çok sırasıyla tahsis/atama kararları, yer seçimi, taşıma miktarı, periyot seçimi ve stok miktarı çıktılarının amaçlandığı görülmüştür.

Matematiksel programlama modelinin çözümü için çeşitli çözüm yaklaşımları mevcuttur. Bu çözüm yaklaşımları kesin, sezgisel, Meta-sezgisel ve simpleks gibi çözümleri bünyesinde barındıran

ticari yazılım kategorileri altında değerlendirilebilir. Matematiksel programlama kullanan çalışmaların model çözüm yaklaşımları Tablo 9’da, kullanılan çözüm yaklaşımlarına ilişkin sayısal veriler ise Tablo 10’da verilmiştir.

**Tablo 9: Literatürdeki Çalışmaların Çözüm Yaklaşımları**

Çalışma	Çözüm Yaklaşımı			Ticari Yazılım
	Kesin	Sezgisel	Meta-sezgisel	
Ghandforoush ve Sen (2010)				ILP solver
Jabbarzadeh vd. (2014)				LINGO
Arvan vd. (2015)	$\epsilon$ -kısıt			
Jokar ve Hosseini-Motlagh (2015)*				
Zahiri vd. (2015)				GAMS
Chaiwuttisak vd. (2016)				IBM ILOG CPLEX
Cheraghi vd. (2016)				GAMS
Fereiduni ve Shahanaghi (2016)				GAMS
Kohne vd. (2016)		TH		GAMS
Mouatassim vd. (2016)	OT			
Fahimnia vd. (2017)		Hibrit $\epsilon$ -kısıt ve LGSA		
Fazli-Khalaf vd. (2017)	$\epsilon$ -kısıt			
Heidari-Fathian ve Pasandideh (2017)				GAMS
Kaveh ve Ghobadi (2017)			Geliştirilmiş Çarpışan Cisimler Algoritması	
Khalilpourazari ve Arshadi Khamseh (2017)				GAMS
Ramezani ve Behboodi (2017)				IBM ILOG CPLEX
Salehi vd. (2017)				GAMS
Zahiri ve Pishvae (2017)		Hibrit Robust Olabilirselleştirme Programlama		
Bruno vd. (2018)				IBM ILOG CPLEX
Cheraghi ve Hosseini-Motlagh (2018)		TH		GAMS
Eskandari-Khanghahi vd. (2018)	$\epsilon$ -kısıt		BT, Harmoni Arama Algoritması	
Ghatreh Samani vd. (2018)		İki Aşamalı Stokastik Modelleme Tekniği, Epistemik Belirsizlik Modelleme Tekniği, TH		
Habibi-Kouchaksaraei vd. (2018)	HP			
Heidari-Fathian ve Pasandideh (2018)		LGSA		
Osorio, Brailsford, Smith, vd. (2018)		ÖÖY		
Özener ve Ekici (2018)		STA		
Rahmani (2018)		LGSA		
Samani ve Hosseini-Motlagh (2018)				GAMS
Zahiri, Torabi, vd. (2018)			Hibrit Kendinden Uyarlanabilir Diferansiyel EA ve DKA	
Hamdan ve Diabat (2019)	$\epsilon$ -kısıt			GAMS
Mohamed vd. (2019)				GAMS
Samani vd. (2019)				GAMS

\*: Belirtilmemiştir.



**Tablo 10: Literatürdeki Çalışmaların Çözüm Yaklaşımlarına İlişkin Sayısal Veriler**

Kesin		Ticari Yazılım	
Tür	Sayı	Tür	Sayı
$\epsilon$ -kısıt	4	GAMS	12
OT	1	IBM ILOG CPLEX	3
HP	1	LINGO	1
		ILP solver	1
Toplam	6	Toplam	17
Sezgisel			
Tür	Sayı	Tür	Sayı
LGSA	2	Hibrit $\epsilon$ -kısıt ve LGSA	1
TH	2	ÖOY	1
İki Aşamalı Stokastik Modelleme Tekniği, Epistemik Belirsizlik Modelleme Tekniği ve TH	1	STA	1
Hibrit Robust Olabilirsel Programlama	1		
Toplam			9
Meta-sezgisel			
Tür			Sayı
Geliştirilmiş Çarpışan Cisimler Algoritması			1
BT, Harmoni Arama Algoritması			1
Hibrit Kendinden Uyarlanabilir Difereransiyel EA ve DKA			1
Toplam			3

İlgili çalışmaların model çözüm yaklaşımları incelendiğinde, çözüm yaklaşımları içerisinde en fazla tercih edilen yaklaşım türünün ticari yazılım olduğu belirlenmiştir. Bu çözüm yaklaşımını takip eden diğer yaklaşım türlerinin ise sırasıyla sezgisel, kesin ve Meta-sezgisel teknikler olduğu görülmüştür. Ticari yazılım bünyesinde en fazla kullanılan yazılımın GAMS olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, geriye kalan çözüm yaklaşımları içerisinde ikinci en fazla tercih edilen çözüm yaklaşımının ise Epsilon Kısıt tekniği olduğu görülmüştür. Bunların dışında kalan model çözüm yaklaşımlarının genellikle birer kez tercih edildiği gözlemlenmiştir.

İlgili çalışmaların, kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı modellerinde kullandıkları paydaşlara göre dağılımları Tablo 11’de ve bu dağılımlara ilişkin sayısal veriler ise Tablo 12’de verilmiştir. Buna göre, en fazla çalışılan zincir modeli Donör-KBM-MT-BKM paydaşlarından oluşan modeldir. Bunu takip eden diğer model türünün ise Donör-KBM-MT-BKM-TM olduğu görülmüştür. Geriye kalan diğer model türleri ise yalnızca bir ya da iki kez tercih edilmiştir.

**Tablo 11: Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zincirinde Paydaş Kullanımına Göre Çalışmaların Dağılımı**

Makale	Donör	KBM	MT	Laboratuvar	BKM	TM
Ghandforoush ve Sen (2010)		●	●		●	●
Jabbarzadeh vd. (2014)	●	●	●		●	
Arvan vd. (2015)		●		●	●	●
Jokar ve Hosseini-Motlagh (2015)	●	●	●		●	
Zahiri vd. (2015)	●	●	●			
Chaiwuttisak vd. (2016)		●			●	●
Cheraghi vd. (2016)	●	●	●		●	●
Fereiduni ve Shahanaghi (2016)	●	●		●		●
Kohneh vd. (2016)	●	●	●		●	●
Mouatassim vd. (2016)						●
Fahimnia vd. (2017)	●		●		●	●
Fazli-Khalaf vd. (2017)	●	●	●	●	●	●
Heidari-Fathian ve Pasandideh (2017)	●	●	●		●	●
Kaveh ve Ghobadi (2017)					●	●
Khalilpourazari ve Arshadi Khamseh (2017)	●	●	●		●	
Ramezani ve Behboodi (2017)	●	●	●		●	
Salehi vd. (2017)	●	●	●		●	●
Zahiri ve Pishvae (2017)	●	●	●	●		●
Bruno vd. (2018)	●	●			●	
Cheraghi ve Hosseini-Motlagh (2018)	●	●			●	●
Eskandari-Khanghahi vd. (2018)	●	●	●		●	
Ghatreh Samani vd. (2018)	●	●	●		●	
Habibi-Kouchaksaraei vd. (2018)		●	●		●	
Heidari-Fathian ve Pasandideh (2018)	●	●	●		●	
Osorio, Brailsford, Smith, vd. (2018)	●	●			●	●
Özener ve Ekici (2018)		●			●	
Rahmani (2018)	●	●	●		●	
Samani ve Hosseini-Motlagh (2018)	●	●	●		●	●
Zahiri, Torabi, vd. (2018)		●	●			
Hamdan ve Diabat (2019)		●	●		●	●
Mohamed vd. (2019)		●			●	
Samani vd. (2019)	●	●	●		●	●

**Tablo 12: Çalışmalarda Kullanılan Paydaşlara İlişkin Sayısal Veriler**

Kullanılan Paydaşlar	Sayı	Kullanılan Paydaşlar	Sayı
Donör-KBM-MT-BKM	8	KBM-Laboratuvar-BKM-TM	1
Donör-KBM-MT-BKM-TM	6	Donör-KBM-MT	1
Donör-KBM-BKM-TM	2	Donör-KBM-BKM	1
KBM-MT-BKM-TM	2	KBM-BKM-TM	1
KBM-BKM	2	KBM-MT-BKM	1
Donör-KBM-MT-Laboratuvar-BKM-TM	1	BKM-TM	1
DONÖR-MT-BKM-TM	1	KBM-MT	1
Donör-KBM-MT-Laboratuvar-TM	1	TM	1
Donör-KBM-Laboratuvar-TM	1		

Türkiye’de kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı üzerine yapılan çalışmalarını incelemek amacıyla ULAKBİM Ulusal Veri Tabanları ve Ulusal Tez Merkezi olmak üzere iki veri tabanı üzerinden literatür araştırması yapılmıştır. Araştırma için “*kan bank\**”, “*kan merkez\**” ve “*kan VE tedarik*” anahtar kelimeleri belirlenmiştir. Literatür araştırması 30.04.2019 tarihine kadar yapılmış

olan çalışmaları içermektedir. Yapılan araştırma sonucunda toplam 354 adet çalışmaya ulaşılmıştır (Tablo 13).

**Tablo 13: Literatür Araştırması Sonrasında Elde Edilen Çalışmaların Veri Tabanlarına Göre Dağılımı**

Anahtar Kelimeler	Veri Tabanları		Toplam
	ULAKBİM Ulusal Veri Tabanları	Ulusal Tez Merkezi	
“kan bank*”	61	99	<b>160</b>
“kan merkez*”	80	101	<b>181</b>
“kan VE tedarik”	1	12	<b>13</b>
<b>Toplam</b>	<b>142</b>	<b>212</b>	<b>354</b>

Literatür araştırması sonrasında elde edilen çalışmalar arasından kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili olan çalışmaları belirlemek için başlık, özet ve ihtiyaç duyulduğu durumda ise tam metin taraması yapılmıştır. Tarama neticesinde 12 adet çalışma elde edilmiştir. Elde edilen çalışmalardan 2 tanesi erişime açılmadığından ve 4 tanesi de yenilenen olduğundan incelemeye alınmamıştır. En son olarak 6 adet çalışma incelenmiştir (Tablo 14).

**Tablo 14: Kan ve Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili Çalışmaların Veri Tabanlarına Göre Dağılımı**

Anahtar Kelimeler	Veri Tabanları		Toplam
	ULAKBİM Ulusal Veri Tabanları	Ulusal Tez Merkezi	
“kan bank*”	0	3	<b>3</b>
“kan merkez*”	0	1	<b>1</b>
“kan VE tedarik”	1	1	<b>2</b>
<b>Toplam</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Türkiye’de kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımına yönelik oldukça sınırlı sayıda çalışmanın olduğu görülmüştür. Randa vd. (2011) tarafından, Orta Anadolu Bölgesi’ndeki kan ürünlerine olan talep temin süresinin düşürülüp talep temin oranının artırılmasıyla tedarik zincirinin verimlilik ve etkinliğinin iyileştirilmesi için bölge içerisinde uygun yerlere dağıtım merkezlerinin açılması ve stok politikasının belirlenmesi üzerine Karma Tamsayı Programlama tabanlı bir model önerilmiştir. Çalışmada önerilen matematiksel model yardımıyla yöneticilere karar almada destek sağlayacak stratejik, taktiksel ve operasyonel karar önerileri sunulmuştur. Şahinyazan (2012) mobil kan toplama sistemi için araç rotalama problemini ele almıştır. Çalışmada Karma Tamsayı Programlama ile sezgisel yaklaşım modelleri önerilmiştir. Önerilen modeller Ankara ve İstanbul illerinde uygulanmış ve bir şehrin mevcut lojistik maliyetlerinden daha uygun çözümler ürettiği gözlemlenmiştir. Özkök (2013) kan bankası dağıtımı için stratejik, taktiksel ve operasyonel kararları entegre ederek bir tedarik zinciri ağ tasarımı önermiştir. Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama kullanılan çalışmada, hastanelerin yerel kan merkezlerine atanması ve bölge kan merkezinden yerel kan merkezine, yerel kan merkezinden hastanelere yapılacak günlük ve haftalık

sevkiyat rotalarının belirlenmesi gibi karmaşık bir problemin çözülmesi amaçlanmıştır. Göçmen (2014) çalışmasında optimum dağıtım merkezi sayısının ve yerleşiminin belirlenmesine, hastanelerin hangi dağıtım merkezlerine atanacağına ve dağıtım merkezlerinden hastanelere yapılacak sevkiyat rotalarının belirlenmesine yönelik bir model önermiştir. Önerilen model iki alt problem şeklinde ele alınmıştır. İlk olarak açılacak tesislerin yeri ve sayısı belirlenmiştir. Ardından açılan tesisler ile kendilerine atanan transfüzyon merkezleri arasında rotalama işlemi yapılmıştır. Çalışmada hem taleplere hızlı cevap verilebilmesi hem de talep karşılama maliyetinin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Yegül (2016) kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı için yer seçimi, araç rotalama ve stok problemini konu alan bir çalışma yapmıştır. Çalışmada önerilen model Doğrusal Olmayan Karma Tamsayı Programlama kullanılarak oluşturulmuştur. Modelin çözümü için Benzetilmiş Tavlama tekniğinin yanında ayrıştırma tabanlı dokuz tane sezgisel çözüm tekniği önerilmiştir. Örnek problemler üzerinde çözüm teknikleri test edilip birbiriyle kıyaslanmıştır. Kıyaslama neticesinde Benzetilmiş Tavlama tekniğinin diğer sezgisel tekniklerden daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Dilaver (2018) kan ürünlerinin toplanmasını, işlenmesini ve dağıtılmasını konu alan bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ modeli önermiştir. Önerilen model karşılanacak en yüksek talep miktarını en düşük maliyetle elde etmeyi amaçlamıştır. Karma Tamsayı Doğrusal Programlama ile oluşturulan modelin çözümü için sezgisel teknikler geliştirilmiştir. Önerilen sezgisel tekniklerin uygulama neticesinde kısa süreler içerisinde kaliteli çözümler ürettiği ifade edilmiştir. Son olarak, iki amaçlı problem Epsilon Kısıt tekniği kullanılarak bir arada çözülmüş ve iki amaçlı matematiksel modelin sistem performansını daha da iyileştireceğinden bahsedilmiştir.

Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, tedarik zinciri ağ tasarımı konusunun son yıllarda oldukça önem kazandığı gözlenmiştir. Ancak, konuyla ilgili çalışmaların sayısının oldukça sınırlı olduğu da görülmüştür. Bu durumun Türkiye’de kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımına yönelik yapılan çalışmalar için de geçerli olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada hem taleplere daha hızlı cevap verebilmek hem de raf ömrü dolan ürün sayısını minimize etmek amacıyla yeni bir model önerilmiştir. Literatürde çoğunlukla klasik tek merkezli kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ modeli önerilmiştir. Ancak, bu çalışmada Cohen vd. (1981)’nin önerdiği koordineli çoklu merkezli tedarik zinciri ağ tasarımı modeli dikkate alınmış ve matematiksel olarak modellenmiştir.

Bu çalışmada önerilen modelin literatüre katkıları aşağıdaki şekilde listelenebilir:

- Koordineli çoklu merkezli tedarik zinciri ağ tasarımı modeli önerilmiştir.
- Yer seçimi, tahsis ve rotalama problemleri eş zamanlı olarak değerlendirilmiştir.
- Ürün dağıtım rolünü üstlenen farklı kapasite seviyesine sahip yerel kan merkezleri zincire dahil edilmiştir.

- Yerel kan merkezlerin rotasına sadece transfüzyon merkezleri değil aynı zamanda kan bağış merkezleri de dahil edilmiştir.
- Kan ürünlerinin transfüzyon merkezlerine dağıtımının yanı sıra tam kanın kan bağış merkezlerinden toplanması konusu da dahil edilmiştir.
- Bölge kan merkezi ile yerel kan merkezi arasında kaç sefer yapılacağına dair tur katsayısı eklenmiştir.
- Çoklu ürün dağıtımına uygun geliştirilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma hem bu alandaki boşluğa katkı sağlaması hem de karmaşık yapıda olan kan ve kan ürünleri tedarik zincirine yeni bir ağ modeli önermesi bakımından özgün niteliktedir.



## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### 4. ÇALIŞMADA KULLANILAN MATEMATİKSEL MODEL VE GENETİK ALGORİTMA YAKLAŞIMI

Bu bölümde kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımına yönelik geliştirilen matematiksel model ve bu modelin çözüm yaklaşımı olan Genetik Algoritma hakkında bilgi verilmiştir. Geliştirilen matematiksel model ile açılacak yerel kan merkezi sayısı ve kapasitesi, açılan yerel kan merkezlerine transfüzyon merkezlerinin atanması ve ürün dağıtımını yapacak olan araçların rotalanması gibi yer seçimi, tahsis ve rotalama kararlarını içeren işlemlerin optimum şekilde planlanması amaçlanmıştır. Yer seçimi, tahsis ve rotalama problemi polinomal zamanda çözülemeyen zor (NP-hard) sınıfında olan problemlerdendir (Perl ve Daskin, 1985). Dolayısıyla, geliştirilen matematiksel modelin çözümü için sezgisel bir yaklaşım olan Genetik Algoritma uygulanmıştır. Genetik Algoritma, birçok araştırmacı ve uygulamacının dikkatini çeken, optimizasyon problemlerinin çözümünde oldukça etkili ve birçok optimizasyon problemine uyarlanabilir olan bir tekniktir (Gen ve Cheng, 2000).

#### 4.1. Matematiksel Model

Kızılay bölge kan ürünleri tedarik zinciri ağı modeli üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşaması kan bağış merkezlerinden ya da bölge kan merkezinin planladığı çizelgeye göre önceden belirlenmiş lokasyonlarda kurulan mobil tesisler ile donörlerden tam kanın toplanmasıdır. İkinci aşaması kan bağış merkezlerinde toplanan tam kanın bölge kan merkezine gönderilmesi ile tamamlanır. Son aşama ise bölge kan merkezinde ayrıştırılarak elde edilen kan ürünlerinin talep doğrultusunda hastalara (nihai tüketici) ulaştırılmak üzere transfüzyon merkezlerine transfer edilmesinden oluşmaktadır. Bu kapsamda oluşturulacak modelin ortaya konmasında faydalı olabilecek iki çalışma aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Bunlardan ilki Eppen'nin 1979 yılında merkezileşme üzerine yaptığı ve 'risk havuzu etkisi' prensibinden faydalanarak stok maliyetleri üzerinde iyileştirme sağlamayı amaçladığı çalışmadır (Eppen, 1979). Bu çalışmada her  $i$  müşterisi için oluşan talebin ortalaması  $\mu_i$ , standart sapması  $\sigma_i$  olan normal dağılıma sahip olduğu varsayımı altında merkezileşme ve merkezileşme olmadan beklenen toplam stok (elde bulundurma ve yok satma) maliyetlerini ( $TSM$ 'lerini) kıyaslamıştır. Çalışmada, tek aşamalı ve tek üründen oluşan temel bir sistem ele alınmıştır. Sonuç olarak,  $K$  sabiti elde bulundurma ve yok satma maliyetlerine bağlı olan standart normal kayıp fonksiyonu ve  $N$  tane

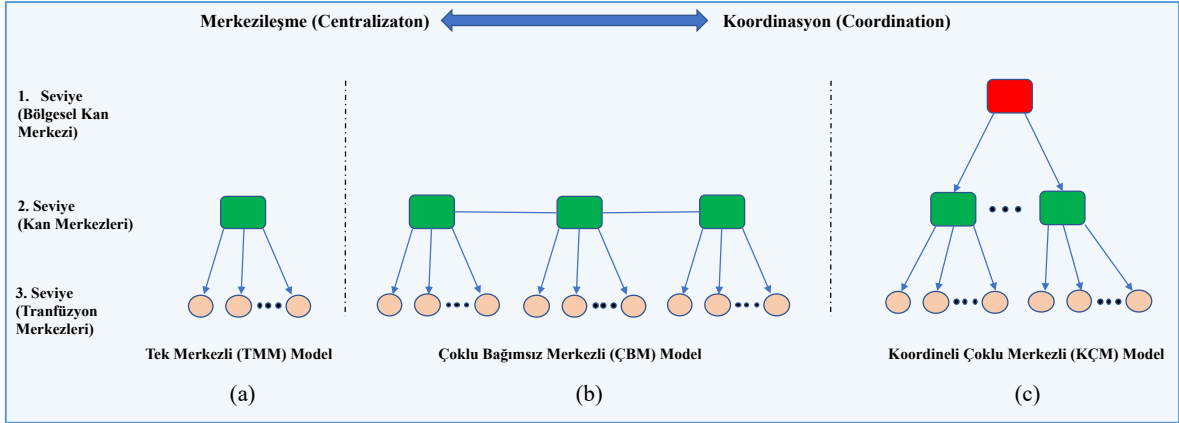
müşteri olmak üzere merkezileşme olmadan  $TSM = K \sum_{i=1}^N \sigma_i$  olurken perakendecilerde oluşan taleplerin birbirinden bağımsız olduğu düşünülürse merkezileşme durumunda  $TSM = K(\sum_{i=1}^N \sigma_i)^{1/2}$  olduğu gözlemlenmiştir. Bu ise merkezileşme durumunda beklenen toplam stok maliyetinin merkezileşme olmadan elde edilen beklenen toplam stok maliyetinden daha az olduğu sonucuna ulaştırmaktadır.

Diğer çalışma ise Cohen ve arkadaşlarının 1981 yılında kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ yapıları üzerine yaptıkları bir çalışmadır (Cohen vd., 1981). Bu çalışmada kan ve kan ürünleri tedarik zincirinin üç temel şekilde ele alınabileceği ifade edilmiştir (Şekil 13). Bunlar:

1. **Tek Merkezli (TMM) Model (Single Center Model):** Sadece bir kan merkezinden oluşur ve bölgede bulunan bütün transfüzyon merkezlerinin tüm ihtiyaçlarını karşılamayı hedefler (Şekil 13a),
2. **Çoklu Bağımsız Merkezli (ÇBM) Model (Multiple Independent Centers Model):** Bir bölgede birbirinden bağımsız birden fazla kan merkezlerinin kendilerine bağlı transfüzyon merkezleri ile bölge kan ihtiyacını karşılamayı amaçlar (Şekil 13b),
3. **Koordineli Çoklu Merkezli (KÇM) Model (Coordinated Multiple Centers Model):** Bölgedeki tüm koordine ve kontrolün bir bölge kan merkezine verildiği ve kendisine bağlı kan merkezileri ile bu kan merkezlerine bağlı transfüzyon merkezleri sayesinde bölge kan ihtiyacını karşılamayı amaçlayan bir sistemdir (Şekil 13c).

Ayrıca bahsi geçen çalışmada, bu modeller hakkında bazı iddialar öne sürülmüştür. Mesela, TMM modeli ile yönetilen bir sistem bölgedeki taleplerin belli bir seviyeye ulaşmasından sonra bu zincirin yönetilmesinin zor olacağını ve zamanla bu sistemin diğer sistemlerden birine yerini bırakacağı ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra, aynı durumun ÇBM modeli için de geçerli olduğundan bahsedilmiştir. Buna ek olarak, ÇBM model sistemindeki her kan merkezinin diğer kan merkezleri ile olan ilişkilerinin hem rekabet hem de iş birliği açısından hangi seviyede olacağı gibi yönetsel açıdan sorunlar çıkaracağı belirtilmiştir. Bununla beraber, fazladan iş gücü istihdam etmek ve birden fazla tesis kullanımı gibi fazladan maliyet dezavantajları olduğu ifade edilmiştir. Diğer taraftan, KÇM model sisteminin kullanım açısından oldukça esnek olduğu ve görev paylaşımı sayesinde, rahat bir şekilde ikinci seviyede bulunan kan merkezlerinin koordinasyon ve kontrollerinin sağlandığı belirtilmiş ve böylece zincirde bulunan paydaşların kimin ne yapacağı hususunda net bir çözüm ortaya koyacağından bahsedilmiştir.

Şekil 13: Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Üzerine Üretilen Temel Modeller



Kızılay Bölge Kan Merkezi'nin mevcut yapısı TMM modeli ile örtüşmektedir. Bu model her ne kadar Eppen (1979) varsayımları altında toplam stok maliyetinde iyileştirmeyi öngörse de bölgede oluşacak talep artışlarına zamanla yanıt veremeyecektir. Ayrıca, bu durum Kızılay'ın takip ettiği güvenli kan tedariki politikası ile çelişmektedir. Öte yandan, mevcut sistemde bazı yerlere kan ürünlerinin haftanın iki günü gibi kısıtlar altında dağıtımı yapılmaktadır. Bu durum, transfüzyon merkezlerinin ihtiyacı olduğu kandan daha fazla sipariş vermesine ve dolayısıyla imha edilen kan ürünü sayısında artışa neden olabilecektir. Bununla beraber, rutin dağıtım çizelgesi dışında mevcut sistemdeki aksaklıklardan dolayı acil kan ihtiyaçları oluşmakta ve bu durum ek taşıma maliyetlerine sebep olmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmada Kızılay'ın daha hızlı ve esnek bir çalışma ortamı sağlayacağı ve bununla birlikte takip ettiği güvenli kan tedariki politikasını sürdürebileceği düşünülen TMM modeli yerine KÇM modeli önerilmiştir.

Model aşağıda verilen varsayımlar altında şu sorulara cevap arayacaktır:

- Hangi transfüzyon merkezleri yerel kan merkezi olarak açılacaktır?
- Açılan yerel kan merkezleri ile bölge kan merkezi arasındaki haftalık sevkiyat sayısı ne olacaktır?
- Açılan yerel kan merkezlerine hangi transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezleri atanacaktır?
- Açılan yerel kan merkezleri ile kendilerine atanan tesislerin araç rotası nasıl olacaktır?

Önerilen modelin varsayımları aşağıdaki gibidir:

- Bölge kan merkezinin, tüm transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezlerinin yeri bellidir.
- Yerel kan merkezleri transfüzyon merkezleri içerisinde seçilmekte ve yerel kan merkezlerine birden fazla transfüzyon merkezi ve kan bağış merkezi atanabilmektedir.
- Tüm transfüzyon merkezleri yerel kan merkezi olarak seçilebilir.



- Sadece bir tane bölge kan merkezi vardır.
- Tüm transfüzyon merkezlerine hizmet verilecektir.
- Her transfüzyon merkezinin talebi yalnızca bir yerel kan merkezinden karşılanmaktadır.
- Her kan bağış merkezi sadece bir tek yerel kan merkezine ürün vermektedir.
- Transfüzyon merkezlerinin talepleri deterministiktir.
- Transfüzyon merkezlerinin talebi araç kapasitesinden fazla olamaz.
- Açılacak yerel kan merkezi sayısında kısıt yoktur.
- Her araç başlangıç noktası olan yerel kan merkezine geri döner.
- Eğer bir yerel kan merkezine kan bağış merkezi atandıysa yerel kan merkezinden çıkan araç önce transfüzyon merkezlerine sonra kan bağış merkezlerine uğrayıp geri döner.
- Çoklu ürün (eritrosit, trombosit ve plazma) dağıtımı yapılmaktadır.

Önerilen matematiksel model, Ahmadi Javid ve Azad (2010) ve Nekooghadirli vd. (2014) çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır. Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımına ilişkin matematiksel model aşağıda verilmiştir:

### Kümeler ve İndisler

- $S$  : Bölge kan merkezi (BKM) kümesi  
 $J$  : Potansiyel yerel kan merkezlerinin (YKM'lerin) kümesi  
 $K$  : Transfüzyon merkezlerinin (TM'lerin) kümesi  
 $U$  : Kan bağış merkezlerinin (KBM'lerin) kümesi  
 $N_j$  : Yerel kan merkezlerinin (YKM'lerin) kapasite seviyelerinin kümesi ( $j \in J$ )  
 $I$  : Kan ürünlerinin kümesi  
 $V$  : Dağıtım araçlarının kümesi  
 $M$  : Ağ üzerindeki tüm noktaların kümesi ( $M = S \cup J \cup K \cup U$ )

### Parametreler

- $d_{kl}$  :  $k$ . noktanın  $l$ . noktaya olan uzaklık miktarı ( $k, l \in M$ )  
 $h_{ij}$  :  $j$ . YKM'de bir birim  $i$  ürünü yıllık elde tutma maliyeti ( $i \in I, j \in J$ )  
 $\mu_{ik}$  :  $k$ . TM'nin  $i$ . üründen yıllık ortalama talebi ( $i \in I, k \in K$ )  
 $f_j^n$  :  $n$  kapasiteli  $j$ . YKM'yi açma ve çalıştırma maliyeti ( $j \in J, n \in N_j$ )  
 $b_{ij}^n$  : Kapasitesi seviyesi  $n$  olan  $j$ . YKM'nin  $i$ . üründen barındırabileceği toplam ürün miktarı ( $i \in I, j \in J, n \in N_j$ )  
 $cap_v^i$  :  $v$ . aracın  $i$ . ürün için taşıma kapasitesi ( $i \in I, v \in V$ )  
 $q$  : Birim km başına taşıma maliyeti  
 $t_{kl}$  :  $k$ . noktadan  $l$ . noktaya olan ulaşım süresi ( $k, l \in M$ )

- $u_k$  :  $k$ . tesise ürün dağıtım/toplama süresi ( $k \in M/S$ )  
 $D_v$  :  $v$ . araç için maksimum mesafe miktarı ( $v \in V$ )  
 $T_v$  :  $v$ . araç için maksimum sevkiyat süresi ( $v \in V$ )  
 $c_v$  :  $v$ . araç için ödenen bir yıllık kullanım maliyeti ( $v \in V$ )  
 $\alpha_v$  :  $v$ . aracın bir yıl içinde yaptığı sevkiyat sayısı ( $v \in V$ )  
 $F$  : YKM'ler için kullanılabilir maksimum bütçe miktarı  
 $M$  : Açılabilir maksimum YKM sayısı  
 $B_1$  :  $K$  kümesi içerisindeki TM'lerin sayısı ( $B_1 = |K|$ )  
 $B_2$  :  $U$  kümesi içerisindeki KBM'lerin sayısı ( $B_2 = |U|$ )  
 $\varepsilon$  : Yeterince büyük sayı ( $0 < \varepsilon$ )  
 $\beta$  : Taşıma maliyetine ilişkin ağırlık faktörü  
 $\theta$  : Stok maliyetine ilişkin ağırlık faktörü

### Karar Değişkenleri

- $U_j^n = \begin{cases} 1, & \text{eğer } n \text{ kapasiteli } j. \text{ YKM açılırsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (\forall j \in J, \forall n \in N_j)$   
 $Y_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } k. \text{ TM ya da KBM } j. \text{ YKM'ye atanırsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (\forall j \in J, \forall k \in (K \cup U))$   
 $R_{klv} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } v. \text{ araç } k. \text{ noktadan } l. \text{ noktaya geçerse} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (\forall k, l \in M, \forall v \in V)$   
 $\alpha_j$  :  $j$ . YKM'nin sevkiyat katsayısı ( $j \in J$ )  
 $M_{kv}$  : Alt tur eleme için yardımcı değişken ( $\forall k \in (K \cup U), \forall v \in V$ )

### Amaç Fonksiyonu

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \left\{ \sum_{j \in J} \sum_{n \in N_j} f_j^n U_j^n + \beta q \left( \sum_{v \in V} \sum_{k \in S} \sum_{l \in J} \alpha_j \alpha_v (d_{kl} R_{klv} + d_{lk} R_{lkv}) + \right. \right. \\
 & \left. \sum_{v \in V} \sum_{k \in M/S} \sum_{l \in M/S} \alpha_v d_{kl} R_{klv} \right) + \theta \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \frac{h_{ij} \mu_{ik} Y_{jk}}{2} + \sum_{v \in V} c_v \left( \sum_{k \in S} \sum_{l \in J} R_{klv} + \right. \\
 & \left. \left. \sum_{k \in J} \sum_{l \in K} R_{klv} \left( \sum_{n \in N_j} U_j^n \right) \right) \right\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

(Amaç fonksiyonunun ilk terimi YKM açma ve çalıştırma maliyetini, ikinci terimi BKM-YKM arası ile YKM-TM-KBM arasındaki taşıma maliyetini, üçüncü terimi YKM'nin stok bulundurma maliyetini ve sonuncu terim ise araç kullanım maliyetlerini temsil etmektedir. Çalışmanın uygulama örneğinde, YKM açma ve çalıştırma maliyeti için dolap satın alma ve sorumlu personel ücreti, stok bulundurma maliyeti için dolap elektrik sarfiyatı ve bakım ücreti ve son olarak araç kullanım maliyetini için ise araç kiralama ve şoför ücreti dikkate alınmıştır.)

## Kısıtlar

$$\sum_{j \in J} Y_{jk} = 1 \quad \forall k \in (K \cup U) \quad (2)$$

(Her TM ve KBM yalnızca bir YKM'ye atanabilir)

$$\sum_{n \in N_j} U_j^n \leq 1 \quad \forall j \in J \quad (3)$$

(Her TM'de yalnızca bir n kapasiteli YKM açılabilir)

$$Y_{jk} \leq \sum_{n \in N_j} U_j^n \quad \forall j \in J, \forall k \in (K \cup U) \quad (4)$$

(Açılmayan YKM'ye TM ve KBM atanamaz)

$$Y_{jj} = \sum_{n \in N_j} U_j^n \quad \forall j \in J \quad (5)$$

(Eğer bir TM'de bir YKM açılmışsa o TM'ninde kendisinde açılan YKM'ye atanmalıdır)

$$\sum_{k \in K} Y_{jk} - 2 \sum_{n \in N_j} U_j^n \geq 0 \quad \forall j \in J \quad (6)$$

(Açılan bir YKM'nin en az bir TM tarafından kullanılmadır)

$$\sum_{n \in N_j} f_j^n U_j^n \leq F \quad \forall j \in J \quad (7)$$

(Açılacak YKM'ler bütçe kısıdını geçemez)

$$\sum_{j \in J} \sum_{n \in N_j} U_j^n = M \quad (8)$$

(Açılacak YKM'ler önceden belirlenen miktarı geçemez)

$$\sum_{k \in K} \mu_{ik} Y_{jk} \leq \sum_{n \in N_j} b_{ij}^n U_j^n \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (9)$$

(Her YKM için gelen talepler kendi kapasitesini geçemez)

$$\sum_{k \in K} \mu_{ik} Y_{jk} \leq \alpha_j \times \sum_{v \in V} R_{sjv} \text{cap}_v^i \quad \forall i \in I, \forall s \in S, \forall j \in J \quad (10)$$

(Her YKM için gelen talepler BKM'den kendisine gönderilen üründen fazla olamaz )

$$\alpha_j \leq \sum_{n \in N_j} U_j^n \times \varepsilon \quad \forall j \in J \quad (11)$$

(Açılmayan bir YKM'nin sevkiyat katsayısı sıfırdır)

$$\sum_{j \in J} \sum_{n \in N_j} U_j^n \geq 1 \quad (12)$$

(En az bir tane YKM açılmalıdır)

$$\sum_{k \in J} \sum_{l \in (S \cup K)} R_{klv} (\sum_{n \in N_k} U_k^n) \leq 1 \quad \forall v \in V \quad (13)$$

(Her bir aracın rotasında yalnızca bir YKM olmalıdır)

$$\sum_{v \in V} \sum_{l \in (J \cup K \cup U)} R_{klv} \times (1 - \sum_{n \in N_k} U_k^n) \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (14)$$

(Her TM yalnızca bir tek aracın rotası üzerindedir)

$$\sum_{v \in V} \sum_{l \in (J \cup U)} R_{klv} = 1 \quad \forall k \in U \quad (15)$$

(Her KBM yalnızca bir tek aracın rotası üzerindedir)

$$\sum_{l \in K} \mu_{il} (\sum_{k \in (J \cup K)} R_{klv} (1 - \sum_{n \in N_l} U_l^n)) \leq \text{cap}_v^i \quad \forall i \in I, \forall v \in V \quad (16)$$

(Her bir aracın rotası üzerinde bulunan tüm TM'lerin toplam ürün talep miktarları kendi kapasitelerini aşamaz)

$$M_{kv} \times (1 - \sum_{n \in N_k} U_k^n) - M_{lv} \times (1 - \sum_{n \in N_l} U_l^n) + (B_1 \times R_{klv} \times (1 - \sum_{n \in N_k} U_k^n) \times (1 - \sum_{n \in N_l} U_l^n)) \leq B_1 - 1 \quad \forall k, l \in K, \forall v \in V \quad (17)$$

(TM'ler kendi aralarında alt tur yapamaz)

$$M_{kv} - M_{lv} + (B_2 \times R_{klv}) \leq B_2 - 1 \quad \forall k, l \in U, \forall v \in V \quad (18)$$

(KBM'ler kendi aralarında alt tur yapamaz)

$$\sum_{l \in M} \sum_{v \in V} R_{klv} \geq 1 \quad \forall k \in M \quad (19)$$

(Her noktadan en az bir araç geçmelidir)

$$\sum_{l \in M} R_{klv} - \sum_{l \in M} R_{lkv} = 0 \quad \forall k \in M, \forall v \in V \quad (20)$$

(Ağ üzerindeki noktalar için denge/süreklilik kısıtı. Yani bir yerleşim yerine uğrayan araç oradan ayrılmalıdır)

$$\sum_{v \in V} R_{klv} + \sum_{n \in N_k} U_k^n + \sum_{n \in N_l} U_l^n \leq 2 \quad \forall k, l \in J \quad (21)$$

(İki YKM arasında bağlantı açılmaz)

$$R_{kkv} = 0 \quad \forall k \in M, \forall v \in V \quad (22)$$

(İki aynı nokta arasında bağlantı açılmaz)

$$\sum_{v \in V} R_{klv} + \sum_{v \in V} R_{lkv} - 2 \sum_{n \in N_l} U_l^n = 0 \quad \forall k \in S, \forall l \in K \quad (23)$$

(BKM ile TM'ler arasında bağlantı açılmaz)

$$R_{klv} + R_{lkv} = 0 \quad \forall k \in S, \forall l \in U, \forall v \in V \quad (24)$$

(BKM ile KBM'ler arasında bağlantı açılmaz)

$$\sum_{v \in V} R_{klv} + \sum_{n \in N_k} U_k^n \leq 1 \quad \forall k \in J, \forall l \in U \quad (25)$$

(YKM'lerden KBM'ler yönünde bağlantı açılmaz)

$$\sum_{v \in V} R_{klv} \leq \sum_{n \in N_l} U_l^n \quad \forall k \in U, \forall l \in K \quad (26)$$

(KBM'lerden TM'ler yönünde bağlantı açılmaz)

$$\sum_{v \in V} \sum_{k \in (K \cup U)} R_{klv} = 1 \quad \forall l \in U \quad (27)$$

(KBM'lere uğrayacak olan araç en az bir TM'ye uğramalıdır)

$$\sum_{k \in M} \sum_{l \in M} d_{kl} R_{klv} \leq D_v \quad \forall v \in V \quad (28)$$

(v. araç için kendisine önceden belirlenen mesafeyi geçemez)

$$\sum_{k \in M} \sum_{l \in M} R_{klv} (t_{kl} + u_l) \leq T_v \quad \forall v \in V \quad (29)$$

(v. araç için kendisine önceden belirlenen ulaşım, dağıtım ve toplama süresini geçemez)

$$\sum_{v \in V} \sum_{k \in S} R_{klv} - \sum_{n \in N_l} U_l^n = 0 \quad \forall l \in J \quad (30)$$

(Her YKM için sadece bir araç BKM'den çıkabilir ve açılmayan bir YKM için BKM'den araç çıkamaz)

$$\sum_{l \in M/S} R_{klv} \times (1 - \sum_{n \in N_k} U_k^n) + \sum_{l \in M/S} R_{jlv} \times \sum_{n \in N_j} U_j^n - Y_{jk} \leq 1 \quad \forall j \in J, \forall k \in K, \forall v \in V \quad (31)$$

(TM için atama ve rotalama işlemleri arasında bağlantıyı sağlar)

$$\sum_{l \in M/S} R_{klv} + \sum_{l \in M/S} R_{jlv} \times \sum_{n \in N_j} U_j^n - Y_{jk} \leq 1 \quad \forall j \in J, \forall k \in U, \forall v \in V \quad (32)$$

(KBM için atama ve rotalama işlemleri arasında bağlantıyı sağlar)

$$\sum_{l \in M} R_{klv} + \sum_{l \in M} R_{lkv} \leq 2 \quad \forall k \in M, \forall v \in V \quad (33)$$

(Her araç herhangi bir noktadan en fazla bir kez geçebilir)

$$\begin{aligned} Y_{jk} &\in \{0,1\} \quad \forall j \in J, \quad \forall k \in K \\ U_j^n &\in \{0,1\} \quad \forall j \in J, \quad \forall n \in N_j \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} R_{klv} &\in \{0,1\} \quad \forall k, l \in M, \quad \forall v \in V \\ \alpha_j &\geq 0 \text{ ve tamsayı}, \quad \forall j \in J \end{aligned} \quad (35)$$

$$M_{kv} \geq 0 \quad \forall k \in (K \cup U), \quad \forall v \in V \quad (36)$$

## 4.2. Genetik Algoritma

Genetik Algoritma, bir optimizasyon ve arama tekniği olup çalışma prensibi genetik ve doğal seçim üzerine kurulmuştur (Haupt ve Haupt, 2003: 22). Genetik Algoritma, John Holland, çalışma arkadaşları ve öğrencileri tarafından Michigan Üniversitesi'nde geliştirilmiştir (Goldberg, 1989: 1). Holland (1975), Genetik Algoritma ile ilgili kavramları "Adaptation in Natural and Artificial Systems" adlı kitabında yayınlamıştır. Genetik Algoritma ile ilgili ilk uluslararası konferans 1985 yılında düzenlendikten sonra araştırmacıların ve uygulayıcıların Genetik Algoritma'ya olan ilgileri üssel olarak artış göstermiştir (Deb, 2004: 13). Artık günümüzde bu gelişmeleri takip etmek oldukça zor bir hal almıştır (Carter, 2003: 53).

Genetik Algoritma'nın birçok türü geliştirilmiş ve bu algoritmalar grafik renklendirmeden desen tanımlamaya, Gezgin Satıcı Problemi gibi ayrık sistemlerden havacılık mühendisliğinde etkin kanat tasarımı gibi sürekli sistemlere kadar geniş bir yelpazede optimizasyon problemlerine uygulanmıştır (Yang, 2010: 173). Genetik Algoritma'nın çeşitli arama ve optimizasyon problemlerindeki popülerliğinin başlıca nedeni birçok alana hitap etmesi, yaygın uygulanabilirliği ve doğal paralelliktir (Deb, 2004: 14).

Genetik Algoritma'nın avantajları çeşitli yazarlar (Carter, 2003: 52; Haupt ve Haupt, 2003: 23; Sivanandam ve Deepa, 2008: 34-35) tarafından aşağıdaki şekilde belirtilmiştir:

- Aynı anda farklı bilgisayarlarda çalışarak paralel çözümler üretebilmesi.
- Çözüm alanının daha geniş olması yani arama yüzeyinin büyük bir örnekleminde arama yapması.
- Oldukça karmaşık problemlere çözüm üretebilmesi.
- Global optimum çözümü kolayca bulabilmesi.
- Çok amaçlı problemlere uyarlanabilmesi.
- Kolay bir şekilde farklı problemlere uyarlanabilmesi.
- Çok modlu problemler için uygun çözümler üretmesi bakımından iyi olması.
- Amaç fonksiyonunun değerlendirilmesinde değişen koşullar karşısında çok sağlam (robust) olması.
- Arama yüzeyi hakkında gradyan bilgisi gerektirmemesi.
- Arama yüzeyinde mevcut olan süresizliklerin yerel optimal üzerinde çok az etkisi olması.
- Yerel optimalde sıkışıp kalmaya karşı dirençli olması.
- Hem sürekli hem de ayrık değişkenleri optimize edebilmesi.
- Çok fazla değişkenle çalışabilmesi.
- Birden fazla optimum çözüm listesi sunması.

- Değişkenlerin kodlanabilmesi ve böylece optimizasyonun kodlanmış değişkenlerle yapılabilmesi.
- Sayısal olarak oluşturulmuş veriler, deneysel veriler veya analitik fonksiyonlarla çalışabilmesi.

Diğer taraftan, dezavantajları ise şu şekilde ifade edilebilir (Carter, 2003: 52; Sivanandam ve Deepa, 2008: 35):

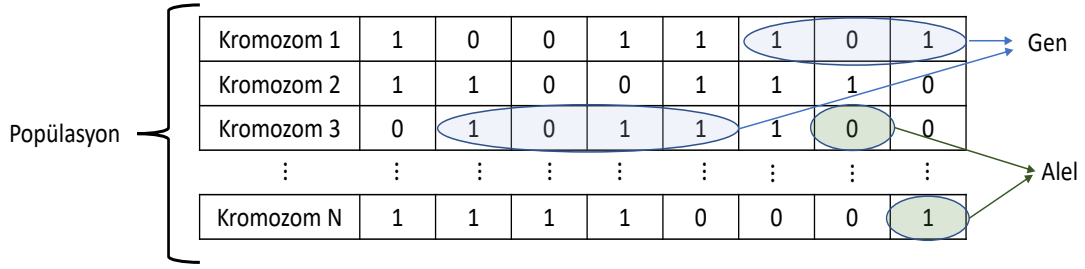
- Uygunluk fonksiyonunun belirlenmesinde yaşanan zorluk.
- Problemi temsil edebilecek bir tanımın yapılacak olması.
- Erken yakınsamanın gerçekleşebilmesi.
- Parametrelerin belirlenmesi problemi.
- Gradyanın kullanılmaması.
- Probleme özel bilgileri kolayca birleştirememesi.
- Yerel optimal tanımlamakta iyi olmaması.
- Etkin bir durdurma kriterinin olmaması.
- Düzgün tek modlu fonksiyonlar için etkili olmaması.
- Yerel bir arama tekniği ile eşleştirilmesinin gerekli olması.
- Kesin global optimum bulmanın zor olması.
- Çok sayıda uygunluk fonksiyonunun değerlendirilmesini gerektirmesi.

#### 4.2.1. Genetik Algoritma'da Kullanılan Terimler

Bu kısımda, Genetik Algoritma'da kullanılan terminoloji, bunların bazılarının Genetik Algoritma'daki görsel örnekleri ve bu kavramların birbiriyle olan ilişkilerinin yanı sıra bazı terminolojilerin Genetik Algoritma'daki karşılığı verilmiştir. Terminoloji kavramları Branke (2002: 2), Carter (2003: 53-55), Rothlauf (2006: 11), Sivanandam ve Deepa (2008: 39) ve Jacobson ve Kanber (2015: 8-9)'den yararlanılarak hazırlanmıştır.

- **Arama Uzayı:** Ele alınan problemin bütün olası çözümlerin olduğu tanım kümesidir. Bu arama uzayı problemin yapısına göre değişebilir.
- **Popülasyon:** Çözüm adaylarının oluşturduğu topluluğa denir.
- **Kromozom (Birey):** Problem için çözüm adayını temsil eder.
- **Gen:** Problemin tasarım değişkenlerinin her birine denir. Genler, belli bir özelliği temsil eder (göz rengi, kanat uzunluğu gibi).
- **Allel:** Bir kromozomdaki en küçük bilgi içeren birime denir. Genetik Algoritma'da popülasyon, kromozom, gen ve allel gösterimi Şekil 14'te verilmiştir.

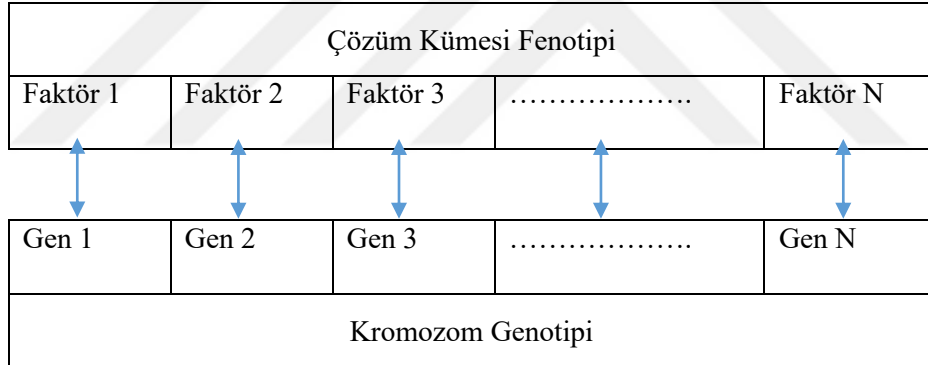
**Şekil 14: Genetik Algoritma'da Popülasyon, Kromozom, Gen ve Alel Gösterimi**



Kaynak: Rothlauf, 2006: 11; Sivanandam ve Deepa, 2008: 42

- **Genotip:** Alellerin bir araya gelmesi ile oluşur ve buna ham genetik bilgi de denir. Bu bilgiler alellerin diziliş kodlanması ile doğrudan bağlantılıdır.
- **Fenotip:** Genotipin fiziksel görünüşüdür. Yani genotip karakteristik niteliklerin bilgilerini içerirken fenotip ise bu bilgilerin fiziksel görünüm ve özellikleridir. Genetik Algoritma'da genotip ile fenotip arasındaki ilişki Şekil 15'te gösterilmiştir.

**Şekil 15: Genetik Algoritma'da Fenotip ve Genotipin Gösterimi**



Kaynak: Sivanandam ve Deepa, 2008: 40

- **Ebeveyn ve Çocuk:** Ebeveyn, mevcut popülasyondaki bireye denir. Çocuk ise iki ebeveynin sahip olduğu niteliklerden oluşturulan yeni bireydir.
- **Seçilim:** Bir sonraki jenerasyonu oluşturmak amacıyla mevcut popülasyondan ebeveynlerin belirlenmesi sürecidir.
- **Çaprazlama:** Ebeveynlerin kromozomlarındaki bazı bilgilerin karşılıklı yer değiştirilmesiyle iki yeni çocuğun üretildiği süreçtir.
- **Mutasyon:** Çözüm adayının bir ya da birkaç geninde rastgele veya büyük ölçekli bir değişimin meydana gelmesi durumudur.

Yukarıda verilen bazı kavramlarının Genetik Algoritma'daki karşılığı Tablo 15'te verilmiştir.

**Tablo 15: Biyolojik ve Genetik Algoritma Terimlerinin Karşılaştırılması**

<b>Biyolojik Terim</b>	<b>Genetik Algoritma Karşılığı</b>
Kromozom	Dizi
Gen	Tasarım değişkeni (özellik ya da karakter)
Alel	Özellik değeri
Lokus	Dizinin dizilişi sırası
Genotip	Yapı veya kodlanmış dizi
Fenotip	Parametre kümesi, bir kodu çözülmüş yapı

Kaynak: Sivanandam ve Deepa, 2008: 20

#### 4.2.2. Genetik Algoritma'nın Çalışma Prensibi

Genetik Algoritma iteratif bir optimizasyon sürecidir (Deb, 2004: 24). Ayrıca, Genetik Algoritma stokastik arama optimizasyon yöntemleri sınıfına aittir (Arora, 2012: 643). Genetik Algoritma'yı diğer klasik optimizasyon tekniklerinden ayıran yön, tekli çözüm yerine toplu çözüm sunmasıdır (Carter, 2003: 57). Belirli bir problem için bir Genetik Algoritma, aşağıdaki beş bileşene sahip olmalıdır (Michalewicz, 1994: 17-18):

- Probleme potansiyel çözümler için genetik bir temsile,
- Potansiyel çözümlerin başlangıç popülasyonunu oluşturmanın bir yoluna,
- Çevresel şartlara uygunluklarını belirleyecek bir değerlendirme fonksiyonuna,
- Çözüm adaylarının yapısını değiştirecek genetik operatörlere,
- Genetik Algoritma'nın kullandığı çeşitli parametreler (popülasyon büyüklüğü, operatörlerin uygulanma olasılığı vb.) için değere sahip olmalıdır.

Genel olarak, Genetik Algoritma'nın çalışma prensibi Şekil 16'da verilmiştir. Bu şekil ele alındığında, ilk olarak başlangıç popülasyondaki her bireyin uygunluğu hesaplanır. Daha sonra bu popülasyon için seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörleri uygulanır. Bu operatörlerle üretilen yeni bireylerden yeni bir popülasyon oluşturulup süreç tekrar eder. Popülasyon, uygunluk fonksiyonu ve operatörler gibi çeşitli bileşenlerden oluşan bu sürecin adımları aşağıdaki gibidir (Yang, 2010:174; Jacobson ve Kanber, 2015:18-19):

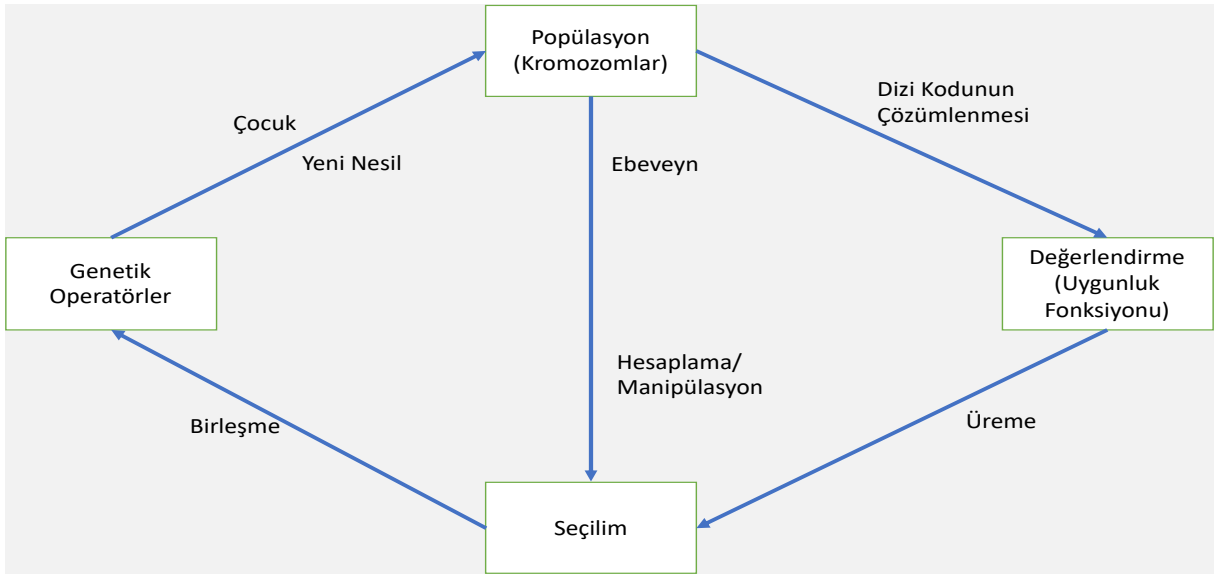
1. **Adım:** Amaçlar ya da optimizasyon fonksiyonu Genetik Algoritma'da temsil edilir.
2. **Adım:** Bireyleri değerlendirecek uygunluk fonksiyonu ya da seçim kriteri belirlenir.
3. **Adım:** Olası çözümleri içeren başlangıç popülasyonu oluşturulur. Bu popülasyon tüm arama uzayını kapsaması amacıyla genellikle rassal oluşturulur.
4. **Adım:** Optimal çözüm ya da iyi çözüme ulaşip ulaşmadığı yani sonlandırma kriterlerin karşılanıp karşılanmadığı hakkında karar verebilmek amacıyla popülasyondaki her bireyin



uygunluk değeri hesaplanır. Eğer istenen çözüm elde edildiyse elde edilen çözümün temsili yeniden çözümlenerek önceki haline dönüştürülür.

5. **Adım:** Eğer sonlandırma kriterleri karşılanmıyorsa seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörleri yardımıyla yeni bireyler türetilerek popülasyon yeniden yapılandırılır. Bu aşamada uygunluk değeri yüksek olan bireylere daha fazla seçilme imkanı sağlayıp bu bireylerden yeni bireyler üretilerek bir sonraki jenerasyon yani yeni bir popülasyon oluşturulur.
6. **Adım:** Yeniden oluşturulan bu popülasyondaki bireyler için değerlendirme sürecine (Adım 4'e) geri dönülür ve buna döngü sonlandırma kriterleri karşılanıncaya kadar devam edilir.

**Şekil 16: Genetik Algoritma'nın Genel Döngüsü**



Kaynak: Sivanandam ve Deepa, 2008: 31

#### 4.2.2.1. Kodlama Türleri

Kodlama ile çözümü aranan problemin Genetik Algoritma'da çözülmesine olanak sağlayan ortam oluşturulur. Başka bir ifadeyle, mevcut problemi Genetik Algoritma'da temsil edecek bir modele dönüştürür. Kodlama, bireydeki genleri temsil eden bir süreç olup bu genler bitler, sayılar, ağaçlar, diziler, listeler ve herhangi başka objeler kullanılarak temsil edilir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 43). Kodlama, ele alınan problemin çözüm türüne göre değişmektedir. Genetik Algoritma'da kullanılan kodlama türlerine ilişkin örnekler Tablo 16'da verilmiştir.

**Tablo 16: Genetik Algoritma’da Kullanılan Kodlama Türleri**

Kodlama Türü	Örnek Gösterim		Açıklama
	Kromozom 1	Kromozom 2	
İkili Kodlama	110100011010	011111111100	Aleller, 0 ve 1 rakamları ile temsil edilir.
Sekizli Kodlama	03467216	15723314	Aleller, 0-7 rakamları ile temsil edilir.
Onaltılı Kodlama	9CE7	3DBA	Aleller, 0-9 rakam ve A-F harfleri ile temsil edilir.
Permütasyon Kodlama	1 5 3 2 6 4 7 9 8	8 5 6 7 2 3 1 4 9	Alellerin sahip olunan değerlere göre art arda sıralanmasıyla temsil edilir.
Değer Kodlama	1.23 5.32 0.45 2.32	sol ileri sol sağ	Aleller, herhangi bir değer ya da karakter gibi objelerle temsil edilir.
Gri Kodlama	0010	0111	Aleller, ikili tabana göre değerlerin 0-1 değerlerine dönüşümü ile temsil edilir.
Dağılık Kodlama	(2 1) (3 1) (1 1)	(3 0) (1 0) (2 1)	Alelin konumunu parantez içerisindeki ilk rakam temsil ederken ikincisi ise değerini temsil eder.

Kaynak: Bäck vd., 2000: 4-7; Sivanandam ve Deepa, 2008: 43-45

#### 4.2.2.2. Seçilim

Seçilim, yeni nesil oluşturmak amacıyla popülasyonda yer alan bireyler arasındaki seçilimin nasıl yapılması gerektiğini belirleyen bir süreçtir (Carter, 2003: 54). Bu süreç, popülasyonun daha iyi çözümler üretmesini sağlar (Carter, 2003: 54). Genetik Algoritma’da seçilim operatörü popülasyon üzerinde uygulamaya konan ilk operatördür (Deb, 2004: 19). Genetik Algoritma’da ebeveyn seçiminin amacı, yeni oluşacak popülasyonda daha uygun bireylere daha fazla şans vererek ele alınan problemin daha iyi bir çözüm üretmesini sağlamaktır (Jones vd., 1994: 4). Bu kısımda çeşitli seçilim operatörlerinden bahsedilmiştir.

##### 4.2.2.2.1. Rulet Tekerleği Seçilimi

Holland tarafından önerilen rulet tekerleği, seçilim operatörleri içerisinde en yaygın kullanılan tekniktir (Sakawa, 2002: 14). Bu teknikte, bir bireyin bir sonraki popülasyonda sahip olması beklenen kopya sayısı uygunluğu ile orantılıdır (Rothlauf, 2006: 17). Popülasyon büyüklüğü  $N$ , bireyler  $n$  ve uygunluk fonksiyonu  $f$  olmak üzere Rulet tekerleği seçilim adımları aşağıdaki gibi açıklanabilir (Michalewicz, 1994: 20):

1. **Adım:** Her bir  $n_i$  ( $i = 1,2,3, \dots, N$ ) için  $f(n_i)$  hesaplanır.

2. **Adım:**  $F = \sum_{i=1}^N f(n_i)$  ile popülasyonun toplam uygunluk değeri bulunur.
3. **Adım:** Her bir  $n_i$  ( $i = 1,2,3, \dots, N$ ) için  $p_i = f(n_i)/F$  ile olasılık değeri hesaplanır.
4. **Adım:** Her bir  $n_i$  ( $i = 1,2,3, \dots, N$ ) için  $q_i = \sum_{j=1}^i p_j$  ile olasılık değeri hesaplanır ve bu adımdan sonraki adımlar popülasyon büyüklüğü kadar ( $N$ ) kez tekrar edilir.
5. **Adım:**  $[0,1]$  arasında rassal bir  $r$  sayısı üretilir.
6. **Adım:**  $q_{i-1} < r \leq q_i$  olmak üzere, eğer  $r \leq q_1$  ise ilk birey olan  $n_1$  seçilir aksi halde  $i$ . Birey olan  $n_i$  ( $2 \leq i \leq N$ ) seçilir.

#### 4.2.2.2.2. Sıralama Seçilimi

Birey seçiminde uygunluk değerlerine bağımlı bir şekilde seçim yapılmaktadır. Ancak uygunluk değerleri alanın büyüklüğüne bağlı birey seçimlerinde popülasyonda güçlü bireylerin baskın olmasına yol açacaktır (Branke, 2002:6). Bu durum ise güçlü bireylerin hızlı bir şekilde yerel optimuma yakınsama riskini taşır (Branke, 2002:6). Sıralama seçilimi bu sorunun çözümüne bir alternatif olarak verilebilir. Sıralama seçilimi popülasyondaki bireyleri ilk olarak uygunluk değerlerine göre sıralar (Sivanandam ve Deepa, 2008: 48). Bu sıralama yapılırken, bireyler uygunluk değerleri çok olandan az olana göre sıralanır ve bu sıralamaya göre seçilme olasılıkları belirlenir (Sakawa, 2002: 21). Seçilme olasılıklarını belirlemeye yarayan doğrusal ya da doğrusal olmayan çeşitli teknikler vardır (Sakawa, 2002: 21).

##### 4.2.2.2.2.1. Doğrusal Sıralama Seçilimi

Barker (1987) tarafından önerilen doğrusal sıralama seçim tekniği, birey seçiminin olasılık değeri popülasyondaki her bir bireyin uygunluk değeri yerine uygunluk fonksiyonun gösterdiği değere göre sıralanmasıyla ilgilidir (Lozano, 2002: 9). Bu yaklaşıma göre  $i$ . bireyin olasılık seçim değeri aşağıdaki gibi hesaplanır (Sakawa, 2002: 21):

$$p_i = 1/N (\eta^+ - (\eta^+ - \eta^-)(i - 1/N - 1)) \quad (37)$$

burada  $\eta^+$  ve  $\eta^-$  sabitleri sırasıyla maksimum ve minimum beklenen değerlerini göstermektedir. Ayrıca,  $\sum_{i=1}^N p_i = 1$  olması  $1 \leq \eta^+ \leq 2$  ve  $\eta^- = 2 - \eta^+$  sağlanmasını gerektirmektedir.

##### 4.2.2.2.2.2. Doğrusal Olmayan Sıralama Seçilimi

Doğrusal olmayan üssel sıralama yaklaşımı Michalewicz (1992) tarafından önerilmiştir (Sakawa, 2002: 21). Bu yaklaşıma göre  $i$ . bireyin olasılık seçim değeri aşağıdaki gibi hesaplanır (Sakawa, 2002: 21):

$$p_i = c(1 - c)^{i-1} \quad (38)$$

burada  $c \in (0,1)$ , bir bireyin sıralaması 1 olarak seçildiğinde olasılığı temsil etmektedir.

#### 4.2.2.2.3. Rassal Seçilim

Rassal seçimde ebeveynler popülasyondan tamamen rassal olarak belirlenir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 48).

#### 4.2.2.2.4. Sabit Durum Seçilimi

Sabit durum seçim tekniğinde her döngüde bir ya da iki birey oluşturulur ve bu bireyler popülasyondaki en kötü değere sahip bireyler ile yer değiştirilir (Branke, 2002: 6). Oldukça az birey üzerinde değişikliğe gidilen bu teknikte popülasyonda geriye kalan bireylerin büyük kısmı hiçbir değişiklik yapılmadan bir sonraki nesile aktarılır (Michalewicz, 1994: 62).

#### 4.2.2.2.5. Turnuva Seçilimi

Turnuva seçim teknikleri, bir takım bireyler arasında turnuva yapma prensibini ve bir sonraki nesilde hayatta kalmak için bir turnuva grubunun en iyi üyesini seçmeyi ilke edinmiştir (Bäck vd., 2000: XXXIV). Goldberg and Deb (1991) tarafından önerilen bu seçim tekniği önceden rassal olarak belirlenmiş bireyler arasından en iyi bireyi seçip bir sonraki popülasyona aktarmaktadır (Lozano, 2002: 9). Turnuva seçiminde aşağıdaki adımlar izlenir (Carter, 2003: 71-72):

1. **Adım:** Üniform bir olasılık dağılımı fonksiyonu kullanarak popülasyondan rastgele bir birey (birey A) seçilir.
2. **Adım:** Üniform bir olasılık dağılımı fonksiyonu kullanarak popülasyondan rastgele başka bir birey (birey B) seçilir.
3. **Adım:** Uygunluk değeri daha iyi olan bireyin olasılığını  $P$ , diğerini  $1 - P$  olarak belirlenir.
4. **Adım:** Olasılık değeri yüksek olan birey A seçilir.
5. **Adım:** Adım 2'ye geri dönülür ve önceden belirlenen  $N$  tane birey için bu kıyaslamayı tekrar edilir.
6. **Adım:** Birey A, artık bir ebeveyn olarak bir sonraki nesle aktarılır.

#### 4.2.2.2.6. Elitizm

Genetik Algoritma'da en iyi bireyin bile bir sonraki nesle aktarılmasının garantisinin yoktur (Lozano, 2002: 9). Bir ara geçiş formu olan bu seçim tekniği, eski nesildeki en iyi bireylerin bir

sonraki nesilde de yaşamını sürdürmesine imkan sağlayabilir (Branke, 2002: 6). De Jong (1975) tarafından önerilen bu teknik ile eski popülasyondaki en iyi bireyin yeni oluşturulacak popülasyonda da yer alması sağlanır (Lozano, 2002: 9).

#### 4.2.2.3. Çaprazlama

Çaprazlama işlemi,  $m$  tane ebeveyni (genellikle bu sayı 2 olarak belirlenir) girdi olarak alıp bu ebeveynlerden bir ya da iki yeni birey üretmesi olarak tanımlanabilir (Branke, 2002: 4). Holland'a göre bir adaptif sistem, daha iyi performansa sahip yapısal özellikleri sürekli bir şekilde test edip birleştirmelidir (Bäck vd., 2000: 152). İyi bir çaprazlama operatörü, bir çocuğun özelliklerinin çoğunu bir ya da bir başka ebeveyninden miras alacağından emin olmayı sağlarken zayıf bir çaprazlama operatörü ise çok fazla rastgele değişiklik meydana getirecektir (Carter, 2003: 57). Çaprazlama operatörü ile çiftleştirme için seçilen ebeveynlerden daha iyi çocuklar oluşturması beklenir ve bu süreçte aşağıda verilen adımlar takip edilir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 50):

1. **Adım:** Eşleştirilmek için seçilen bireylerden rassal olarak bir çift ebeveyn seçilir.
2. **Adım:** Bu ebeveynler üzerinde değiştirilmek istenen bölgeler belirlenir.
3. **Adım:** Önceden belirlenmiş bu bölgeler çift arasında karşılıklı olarak yer değiştirilerek süreç tamamlanır.

Genetik Algoritma'da kullanılan çeşitli çaprazlama operatörü türleri bulunmaktadır. Bu kısımda çeşitli çaprazlama tekniklerinden bahsedilmiştir.

##### 4.2.2.3.1. Tek Noktalı Çaprazlama

Tek noktalı çaprazlama tekniği, Holland (1975) tarafından ilk önerilen yaklaşımlardan biridir (Bäck vd., 2000: 153). Bu teknikle ebeveyn çiftlerin önceden belirlenen rassal bir noktadan kromozomları kesilir ve kesilen kısımlar karşılıklı olarak yer değiştirilir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 51). Tek noktalı çaprazlama süreci şöyle açıklanabilir (Branke, 2002: 5):  $l$  tane genlerden oluşan genotiplerin kesim noktası  $\chi \in \{1, \dots, l - 1\}$  olsun ve kromozom genlerinin bu kesim noktasının sağ tarafında kalan kısımlar yer değiştiği varsayalım. Eğer  $\vec{a} = (a_1, \dots, a_l)$  ve  $\vec{b} = (b_1, \dots, b_l)$  iki ebeveyni dikkate alırsak bu durumda bu çiftlerden elde edilecek çocuklar  $\vec{c} = (a_1, \dots, a_\chi, b_{\chi+1}, \dots, b_l)$  ve  $\vec{d} = (b_1, \dots, b_\chi, a_{\chi+1}, \dots, a_l)$  olur. Başka bir görsel örnek ise Şekil 17'de verilmiştir.

**Şekil 17: Tek Noktalı Çaprazlama Örneği**

Ebeveyn 1	1 0 1 1 0 0 1 0	→	Çocuk 1	1 0 1 1 0 1 1 1
Ebeveyn 2	1 0 1 0 1 1 1 1		Çocuk 2	1 0 1 0 1 0 1 0

Kaynak: Sivanandam ve Deepa, 2008: 51

#### 4.2.2.3.2. İki Noktalı Çaprazlama

İki noktalı çaprazlama tek noktalı çaprazlamanın genelleştirilmiş hali olup kromozomların orta kısmındaki genlerin değişimi ile elde edilir (Branke, 2002: 5). Bu çaprazlama tekniğinde eşleştirilmiş çiftlerin kromozomları iki ayrı noktadan kesilir ve arada kalan kısımların değiştirilerek çaprazlama işlemi tamamlanır (Sivanandam ve Deepa, 2008: 51). İki noktalı çaprazlama ile ilgili örnek, Şekil 18’de verilmiştir.

**Şekil 18: İki Noktalı Çaprazlama Örneği**

Ebeveyn 1	1 1 0 1 1 0 1 0	→	Çocuk 1	1 1 0 0 1 1 1 0
Ebeveyn 2	0 1 1 0 1 1 0 0		Çocuk 2	0 1 1 1 1 0 0 0

Kaynak: Sivanandam ve Deepa, 2008: 52

#### 4.2.2.3.3. Tek Biçimli (Uniform) Çaprazlama

Tek biçimli çaprazlama, her bir gen pozisyonu için aday genlere eşit olasılık tanıyan bir yaklaşımdır (Branke, 2002: 5). Başka bir deyişle, çocuğa aktarılacak aleller birbirinden bağımsız olarak değerlendirilir ve her bir alel değerinin hangi ebeveynden miras alınacağı hakkında karar verilmesi sağlanır (Rothlauf, 2006: 18). Tek biçimli çaprazlamada süreç şöyle işler (Sivanandam ve Deepa, 2008: 52-53): İlk olarak, ebeveynlerden çocuklara miras kalacak genlerin hangi ebeveynden aktarılacağına dair karar için ikili çaprazlama maskesi oluşturulur. Bu maskenin uzunluğu ebeveynlerin kromozom uzunluğu kadardır. Ayrıca, 0 ve 1 ikilisinden oluşacak bu alel değerlerinin ataması rassal olarak belirlenir. Çocuklara gen aktarımı ise birinci çocuk için ikili maske değeri 1 ise birinci ebeveynden 0 ise ikinci ebeveynden sağlanır. İkinci çocuk için ise tam tersi bir durum geçerlidir. Yani, genlere karşılık gelen maske değeri 1 ise ikinci ebeveyn, 0 ise birinci ebeveynden karşılık gelen gen aktarımı sağlanır. Tek biçimli çaprazlamaya ilişkin örnek bir gösterim Şekil 19’da verilmiştir.

### Şekil 19: Tek Biçimli Çaprazlama Örneği

Ebeveyn 1	1 1 0 0 0 0 0 0 1
Ebeveyn 2	1 0 1 1 1 0 1 0 0
Maske	1 0 1 1 0 1 1 0 1
Çocuk 1	1 0 0 0 1 0 0 0 1
Çocuk 2	1 1 1 1 0 0 1 0 0

Kaynak: Sakawa, 2002: 24

#### 4.2.2.3.4. Kısmi Eşleştirilmiş Çaprazlama

Kısmi eşleştirilmiş çaprazlama ilk olarak Goldberg ve Lingle (1985) tarafından önerilmiştir (Sakawa, 2002: 25). Bu eşleştirme tekniğinde, iki ebeveynin kromozomları üzerinden karşılıklı değiştirilecek olan bölgeleri belirleyecek iki nokta rassal olarak seçilir ve bölgedeki aleller karşılıklı olarak eşleştirilir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 88). Bu eşleştirilme yardımıyla çocukların kromozomları üzerindeki tekrar eden alel değerleri önceden kendisine karşılık gelen alel değeri ile yer değiştirir ve çaprazlama süreci tamamlanır. Yukarıda bahsedilen kısmi eşleştirilmiş çaprazlama tekniğine örnek olarak Şekil 20 verilebilir. Diğer taraftan,  $x$  ve  $y$  iki bireyi sırasıyla temsil eden  $s_x(1), s_x(2), \dots, s_x(j), \dots, s_x(n)$  ve  $s_y(1), s_y(2), \dots, s_y(j), \dots, s_y(n)$  iki dizi olsun. Burada,  $s_x(j) \in \{1, \dots, n\}$  ve  $s_y(j) \in \{1, \dots, n\}$  olmak üzere  $j \neq j'$  için  $s_x(j) \neq s_x(j')$  ve  $s_y(j) \neq s_y(j')$  dir. Bu notasyon tanımlamaları ile birlikte kısmi eşleştirilmiş çaprazlama tekniği daha detaylı olarak aşağıdaki gibi tekrar açıklanabilir (Sakawa, 2002: 25-26):

- 1. Adım:** Rassal olarak  $x$  ve  $y$  iki bireyi seçilir ve bu iki bireyin sırasıyla  $x'$  ve  $y'$  olmak üzere iki kopyası üretilir.
- 2. Adım:** Kromozomların değiştirilecek bölgesini belirleyecek  $h < k$  olmak üzere  $h$  ve  $k$  gibi iki rassal sayı belirlenir.
- 3. Adım:** Aşağıdaki süreçler sırasıyla tekrar edilir:
  - a.  $j := h$  olsun.
  - b.  $s_{x'}(j) = s_y(j)$  olacak şekilde  $j'$  yi bul. Sonra,  $s_{x'}(j)$  ile  $s_{x'}(j')$  yi değiştir ve  $j := j + 1$  olarak tanımla.
  - c. Eğer  $j > k$  ise dur, aksi halde b. Adıma geri dön.
- 4. Adım:**  $x', x$  'den üretilen çocuk olarak kabul edilir. Aynı süreç,  $y'$  içinde gerçekleştirilir ve  $y', y$  'den üretilen çocuk olarak kabul edilir.

**Şekil 20: Kısmi Eşleştirilmiş Çaprazlama Örneği**

Ebeveyn 1	4 8 7	3 6 5	1 10 9 2
Ebeveyn 2	3 1 4	2 7 9	10 8 6 5
Eşleştirilen Genler	3 ↔ 2, 6 ↔ 7, 5 ↔ 9		
Çocuk 1	4 8 6	2 7 9	1 10 5 3
Çocuk 2	2 1 4	3 6 5	10 8 7 9

Kaynak: Sivanandam ve Deepa, 2008: 88

#### 4.2.2.4. Mutasyon

Mutasyon, bir birey oluşturmak amacıyla sadece bir bireyi kullandığı için tekil bir genetik operatördür (Branke, 2002: 5). Mutasyon, yavrulardan birinde çok küçük bir seviyede rastgele bir değişiklik yaparak işlevini gerçekleştirir (Carter, 2003: 59). Mutasyon operatörü aleller üzerinde rassal olarak değişiklikler yaptığı için yapılan bu değişiklik nedeniyle oluşan birey ile bireyin ebeveyni arasında ortak olmayan özellikler bulunur. Bu sebeple, popülasyonda mutasyona uğrayacak birey sayısını belirleyen mutasyon olasılığı düşük seviyede tutulmalıdır (Rothlauf, 2006: 18). Bu kısımda çeşitli mutasyon operatörlerinden bahsedilmiştir.

##### 4.2.2.4.1. Çevirme

Bu mutasyon türünde, rassal olarak 0 ve 1'lerden oluşturulan mutasyon kromozomundaki bitlere göre (kromozomdaki bitler 1 değerini aldığı) popülasyondaki bireylerin kromozomlarında aleller başka bir alel değerine çevrilerek yeni bir birey oluşturulur (Sivanandam ve Deepa, 2008: 57). Bu işleme ilişkin örnek Şekil 21'de verilmiştir.

**Şekil 21: Çevirme Mutasyon Örneği**

Ebeveyn	1 0 1 1 0 1 0 1
Mutasyon Kromozomu	1 0 0 0 1 0 0 1
Çocuk	0 0 1 1 1 0 0

Kaynak: Sivanandam ve Deepa, 2008: 57



#### 4.2.2.4.2. Değiş Tokuş

Popülasyondaki ebeveynin kromozomları üzerinde rassal olarak belirlenen iki pozisyondaki alellerin karşılıklı olarak yer değiştirilmesi ile yeni bir birey meydana getirme sürecidir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 57). Bu operatör türüne ilişkin örnek Şekil 22’de verilmiştir.

**Şekil 22: Değiş Tokuş Mutasyon Örneği**

Ebeveyn	1 0 1 1 0 1 0 1
Çocuk	1 1 1 1 0 0 0 1

Kaynak: Sivanandam ve Deepa, 2008: 58

#### 4.2.2.4.3. Tersine Çevirme

Tersine çevirme, kendisinden yeni nesil üretilecek olan ebeveynin kromozomu üzerinde rassal olarak bir pozisyon belirlenmesi ve o pozisyondan sonra gelecek olan alel değerinin tersine çevrilmesiyle yeni birey üretilmesi işlevidir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 57). Tersine çevirme işlemine ilişkin örnek Şekil 23’te verilmiştir.

**Şekil 23: Tersine Çevirme Mutasyon Örneği**

Ebeveyn	1 0 1 1 0 1 0 1
Çocuk	1 0 1 1 0 1 1 0

Kaynak: Sivanandam ve Deepa, 2008: 58

#### 4.2.2.5. Arama Sonlandırma

Genetik Algoritma’da bazen süreç, oldukça uzun sürelere ihtiyaç duyar. Bu süre ele alınan problemin yapısına bağlı olarak birkaç saniye ya da yıllar sürebilir (Jacobson ve Kanber, 2015: 17). Bu durumu kontrol altına almak amacıyla aşağıda verilen arama sonlandırma kriterleri kullanılabilir (Tettamanzi ve Tomassini, 2001: 4; Sivanandam ve Deepa, 2008: 59; Jacobson ve Kanber, 2015: 17):

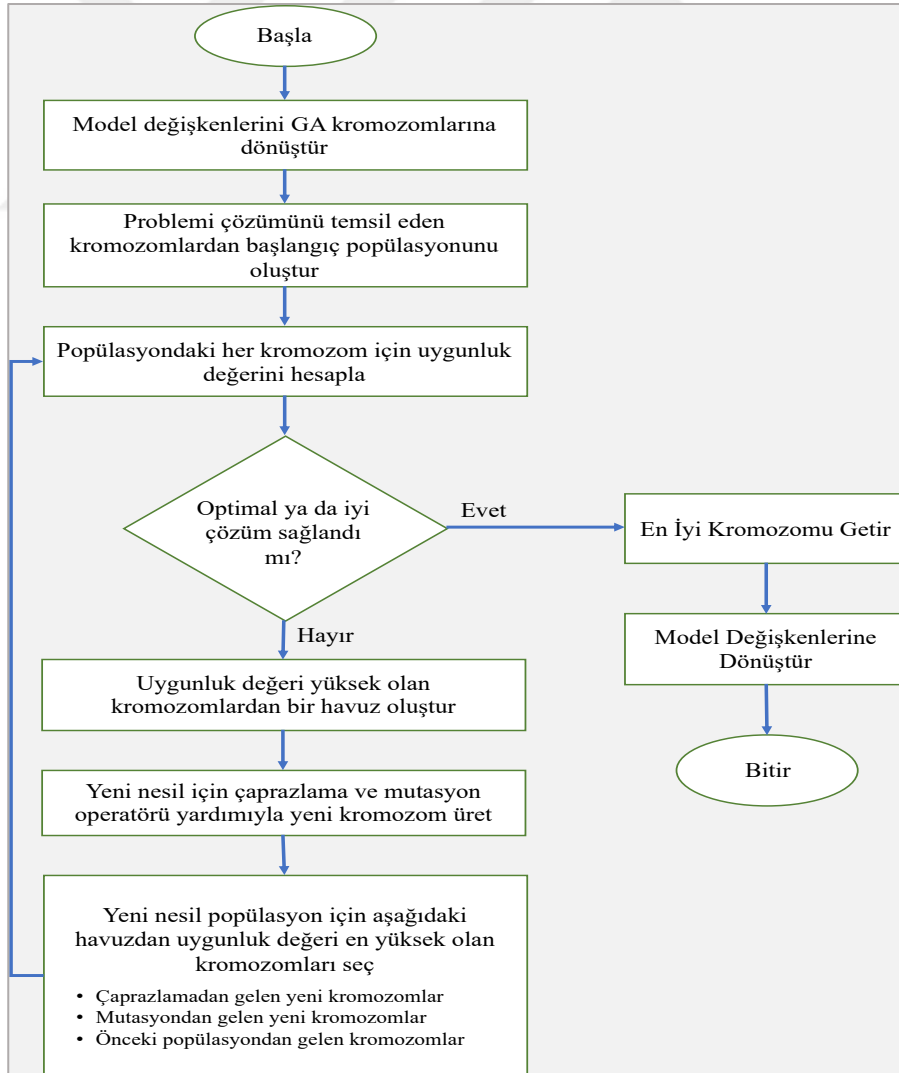
- Maksimum jenerasyon sayısına ulaşılmışsa,
- Algoritmanın çalışması için izin verilen sürenin dışına çıkılmışsa,
- Üretilen çözüm istenen kriterleri sağlıyorsa,
- Algoritmada artık iyileşme sağlanmıyorsa Genetik Algoritma’nın çözüm arama süreci durdurulur.

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### 5. KIZILAY DOĞU KARADENİZ BÖLGE KAN MERKEZİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Bu kısımda çalışmanın önemi ve amacından, uygulama örneği hakkında genel bilgilerden, önerilen matematiksel modelin Genetik Algoritma'ya nasıl uyarlandığından, uygulama verilerin toplanmasından, modelin geçerliliğinden, değişken ve kısıtların model karmaşıklığı üzerindeki etkisinden ve son olarak çalışma bulgularından bahsedilmiştir. Şekil 24'te önerilen matematiksel modelin Genetik Algoritma'ya nasıl uyarlandığını gösteren işlem akış şeması verilmiştir.

Şekil 24: Matematiksel Model için Genetik Algoritma İşlem Akış Şeması



## 5.1. Çalışmanın Önemi ve Amacı

Kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı kan ve kan ürünleri tedarik zinciri yönetimi ikinci bölümde bahsedilen kendine özgü yapısı nedeniyle oldukça karmaşık ve büyük bir ağ yapısına sahiptir. Kan ve kan ürünlerinin saklanma ve taşınma faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için hem zaman hem de sıcaklık bakımından gerekli koşulların sağlanması gerekir. Üstelik bazı ürünlerin saklanması ve taşınması faaliyetlerinin bir ya da birkaç gün ile sınırlı olması bu süreci daha da zorlu bir hale getirmektedir. Bununla beraber, ürün tedarik sürecinin doğru bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Doğru yönetilemeyen bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri kontrol edilemeyen taleplerin oluşmasına neden olacaktır. Bu durum ise transfüzyon merkezlerinde aşırı stok oluşmasına ya da stoksuz kalma riski ile karşı karşıya kalınmasına neden olmaktadır. Kan tedarik zincirinin sağlanabilmesi için daha önce bahsedilen koşulların sağlanması ve bunlar için yüksek teknolojiye sahip ürünlerle uygun bir altyapının oluşturulması gerekmektedir. Aksi halde, kıt kaynak olan kan ve kan ürünlerinin israfına, yapılan yatırımın karşılık görmemesine ve en önemlisi hasta kaybı riskinde artışa neden olacaktır. Dolayısıyla, kısıtlı bir kaynak olan bozulabilir kan ve kan ürünleri kendine özgü zorlu koşullarından dolayı hem planlamasının hem de yönetilmesinin oldukça zor olduğu söylenebilir.

Bu çalışmanın amacı, yer seçimi, atama ve rotalama kararlarını eşzamanlı optimize eden yeni bir kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ modeli önermektir. Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama kullanılarak geliştirilen model, bir adet bölge kan merkezi ve bölge kan merkezine bağlı yerel kan merkezleri, transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezleri içermektedir. Bu modele göre, transfüzyon merkezleri içerisinden açılacak olan yerel kan merkezleri seçilmektedir. Açılan yerel kan merkezlerine ise bölge kan merkezine bağlı transfüzyon ve kan bağış merkezleri atanmaktadır. Ayrıca, kan ve kan ürünlerinin transferi için hem bölge kan merkezi ile yerel kan merkezleri hem de yerel kan merkezleri ile yerel kan merkezlerine atanan tesisler arasında araç atamaları yapılmaktadır. Bununla beraber, yerel kan merkezleri ile kendilerine atanan transfüzyon ve kan bağış merkezleri arasında atanan araçların rotalaması da yapılmaktadır. Böylece oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ yapısında tesislerin optimum dağılımı sağlanmış olacaktır. Dolayısıyla, kan ve kan ürünlerinde meydana gelen israfın, aşırı stok ya da stoksuz kalma ihtimalinin azaltılmasıyla tedarik zinciri ağındaki risklerin elemine edilmesi planlanmaktadır.

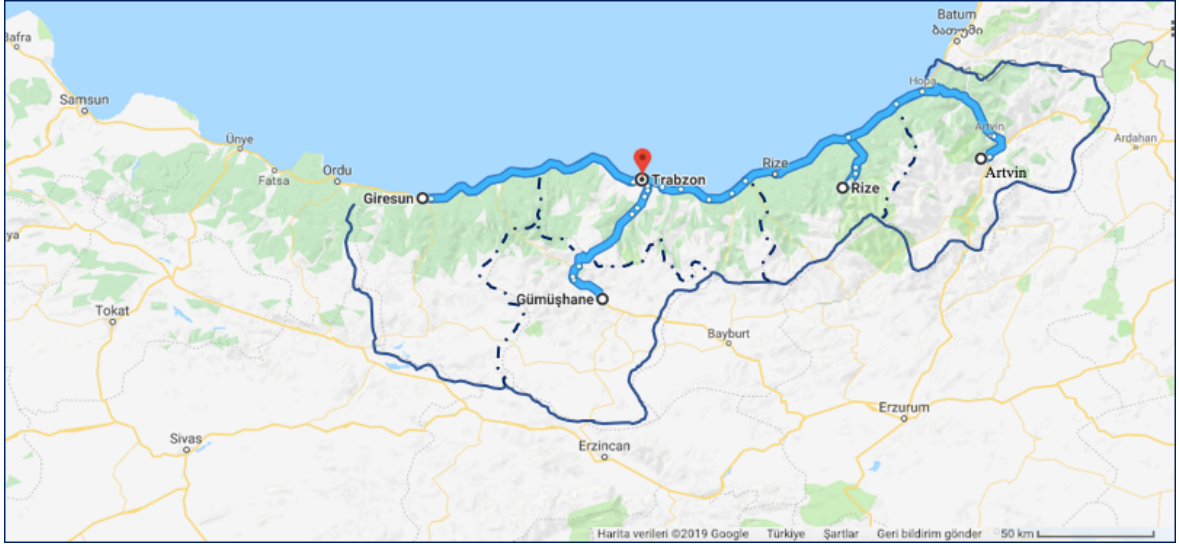
## 5.2. Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi Hakkında Genel Bilgiler

Bu çalışmada Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı uygulama alanı olarak belirlenmiştir. Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi, donörlerden kan bağışını toplayan, bunları işleyen ve bölgesindeki hastanelerin kan talebini karşılamayı amaçlayan bir kuruluştur. Bu kuruluş, Türk Kızılayı çatısı altında faaliyet göstermektedir. Önceki bölümlerde

bahsedildiği gibi Türk Kızılayı, “Güvenli Kan Programı” kapsamında kan ve kan ürünleri tedarik zincirinden sorumlu tek kuruluş olarak yetkilendirmiştir. Türk Kızılayı bünyesinde 18 adet bölge kan merkezi bulundurmaktadır. Ayrıca, Türk Kızılayı halihazırda ülke kan ihtiyacının %81’ini karşılamaktadır.

Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezinin yerleşim yeri Trabzon ilinde olup Giresun, Rize, Gümüşhane ve Artvin olmak üzere toplamda beş ili kapsayan bir bölgede hizmet göstermektedir. Bölgenin harita üzerindeki gösterimi Şekil 25’te verilmiştir.

**Şekil 25: Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi’ne Bağlı Bölgelerin Harita Üzerinde Gösterimi**



Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi, Trabzon ili merkezinde bulunan tesisi ile Trabzon ilinde 13 transfüzyon merkezi, Rize ilinde 5 transfüzyon merkezi, Gümüşhane ilinde 3 transfüzyon merkezi, Giresun ilinde 11 transfüzyon merkezi ve Artvin ilinde 5 transfüzyon merkezi olmak üzere toplamda 37 transfüzyon merkezine kan ürünleri dağıtımını yapmaktadır. Ayrıca, Trabzon ili dışında diğer dört il merkezlerinde de birer kan bağış merkezi bulunmak üzere bölgede toplam 4 adet kan bağış merkezi faaliyet göstermektedir. Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezine bağlı tesislerin gösterimleri ve bağlı olduğu illerin listesi Tablo 17’de verilmiştir.

Bölge kan ve kan ürünleri tedarik zinciri mevcut sistemi şöyle işlemektedir: Kan bağışı yapmak isteyen donörler çadır, otobüs gibi mobil tesislerde ya da doğrudan kan bağış merkezine uğrayarak tam kan bağışı yapmaktadır. Mobil tesislerde toplanan kan ürünleri de kan bağış merkezine getirilmektedir. Buralarda toplanan kan ürünleri ise bölge kan merkezine gönderilmektedir. Bölge kan merkezine gelen ürünler karantinaya alınmaktadır. Karantinaya alınan ürünlerinin güvenli olup olmadığının anlaşılması için numuneler alınarak İstanbul ilindeki kan laboratuvarına gönderilmektedir. Test sonucunda güvenilir olan tam kan ürünleri ayrıştırılarak bileşenleri olan

eritrosit, trombosit ve plazma ürünlerine dönüştürülür. Bu kan ürünleri, dağıtım için bölge kan merkezine ait soğuk hava depolarında stoklanmaktadır. Hastane içerisinde bulunan transfüzyon merkezlerinden gelecek talep doğrultusunda ihtiyaç duyulan bu ürünler, bölge kan merkezi tarafından bu merkezlere transfer edilmektedir.

**Tablo 17: Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi'ne Bağlı Tesislerin Listesi**

TESİS TÜRÜ	TESİS GÖSTERİMİ	BAGLI OLDUĞU İL
BÖLGE KAN MERKEZİ	BKM	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H1	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H2	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H3	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H4	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H5	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H6	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H7	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H8	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H9	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H10	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H11	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H12	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H13	TRABZON
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H14	RİZE
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H15	RİZE
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H16	RİZE
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H17	RİZE
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H18	RİZE
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H19	GÜMÜŞHANE
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H20	GÜMÜŞHANE
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H21	GÜMÜŞHANE
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H22	GİRESUN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H23	GİRESUN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H24	GİRESUN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H25	GİRESUN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H26	GİRESUN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H27	GİRESUN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H28	GİRESUN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H29	GİRESUN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H30	GİRESUN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H31	GİRESUN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H32	GİRESUN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H33	ARTVİN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H34	ARTVİN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H35	ARTVİN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H36	ARTVİN
TRANSFÜZYON MERKEZİ	H37	ARTVİN
KAN BAĞIŞ MERKEZİ	KBM1	GİRESUN
KAN BAĞIŞ MERKEZİ	KBM2	GÜMÜŞHANE
KAN BAĞIŞ MERKEZİ	KBM3	RİZE
KAN BAĞIŞ MERKEZİ	KBM4	ARTVİN

### 5.3. Uygulama Aşamaları

Çalışmanın uygulama aşamasında aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

1. **Adım:** Model karar değişkenlerinin Genetik Algoritma'da temsil edilmesi.
2. **Adım:** Yeni nesil üretmek amacıyla ebeveynlerin seçilmesi için seçim stratejisinin belirlenmesi.
3. **Adım:** Seçilen ebeveynler için çaprazlama stratejisinin belirlenmesi.
4. **Adım:** Seçilen ebeveynler için mutasyon stratejisinin belirlenmesi.
5. **Adım:** Model için verilerin toplanması.
6. **Adım:** Modelin geçerliliğinin test edilmesi.
7. **Adım:** Değişken ve kısıtların model karmaşıklığı üzerindeki etkisinin incelenmesi.
8. **Adım:** Genetik Algoritma kullanılacak olan parametrelerin belirlenmesi.
9. **Adım:** Belirlenen parametreler üzerinden model bulgularının incelenmesi.
10. **Adım:** Değişen çevre koşulları altında model duyarlılığının incelenmesi.

#### 5.3.1. Model Karar Değişkenlerinin Genetik Algoritma'da Gösterimi, Seçilimi ve Ataması

Modelin çözümü olan karar değişkenlerinin Genetik Algoritma'da gösterimi için permütasyon kodlama tipi tercih edilmiştir. Bu kısımda, Tablo 18'de verilen örnek parametre değerleri kullanılarak karar değişkenlerinin Genetik Algoritma'ya nasıl uyarlandığı anlatılmıştır.

**Tablo 18: Örnek Parametre Değerleri**

Kümeler	Parametre Değeri
$S$	1
$J$	4
$K$	4
$U$	2
$N_j$	3
$I$	3
$V$	20
$M$	7

#### *Yerel Kan Merkezi Dizisi*

Açılacak yerel kan merkezlerinin gösterimi ve bu yerel kan merkezlerine karşılık gelen kapasite seviyeleri ile sevkiyat katsayıları Şekil 26'da verilmiştir. Burada hangi yerel kan merkezlerinin açılacağı, açılan yerel kan merkezlerine karşılık gelen kapasite seviyeleri ile sevkiyat katsayıları gösterilmiştir. Yerel kan merkezlerinin kapasite seviyeleri [1, 3] aralığında olacak ve sevkiyat katsayıları ise kendisine atanan araç sayısını geçmeyecek şekilde tesadüfi olarak

belirlenmiştir. Şekil 26’da verilen yerel kan merkezi genine göre tüm potansiyel yerel kan merkezlerinin açıldığı ve 3, 2, 4 ve 1 numaralı yerel kan merkezlerine karşılık gelen kapasite seviyelerinin sırasıyla 2, 1, 1 ve 3 olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, açılan tüm yerel kan merkezlerinin sevkiyat katsayısı ise 1 olarak seçilmiştir.

**Şekil 26: Örnek Yerel Kan Merkezi Geni Gösterimi**

YKM			
3	2	4	1
↓	↓	↓	↓
2	1	1	3
Kapasite			

YKM			
3	2	4	1
↓	↓	↓	↓
1	1	1	1
Sevkiyat Katsayısı			

#### *Transfüzyon Merkezleri ve Kan Bağış Merkezi Dizisi*

Açılan herhangi bir  $j$ . yerel kan merkezine atanacak transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezlerinin gen dizimi gösterimi Şekil 27’de verilmiştir. Yerel kan merkezine atanacak olan transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezleri tesadüfi olarak belirlenmiştir. Şekil 27’ye göre, açılmış olan 2. Yerel kan merkezine 1 ve 2 numaralı transfüzyon merkezleri ile 2 numaralı kan bağış merkezi atanmışken 4. yerel kan merkezine 3 ve 4 numaralı transfüzyon merkezleri ile 1 numaralı kan bağış merkezi atanmıştır.

**Şekil 27: Transfüzyon Merkezleri ve Kan Bağış Merkezi Genleri Gösterimi**

YKM		TM		KBM
2	←	1	2	2
4	←	3	4	1

#### *Araç Dizisi*

Modelde kullanılacak olan araçlar tesadüfi olarak belirlenmiştir. Bu işleme ilişkin örnek bir araç geni Şekil 28’de verilmiştir. Buna göre, modele girdi olarak verilen araçlar içerisinde 15, 9, 4 ve 12 numaralı araçlar olmak üzere toplam 4 araç ürün taşıma işlevi için seçilmiştir.

**Şekil 28: Örnek Araç Geni Gösterimi**

ARAÇ			
15	9	4	12

Modelde çalıştırılacak olan araçların yerel kan merkezlerine atama işlemi, Rulet Tekerleği Seçilimi tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu atama işlemi, yerel kan merkezlerine atanan transfüzyon merkezleri sayısına bağlı olarak yapılmıştır. Atanan araç sayısının yerel kan merkezine atanan transfüzyon merkezleri sayısından fazla olduğu durumda ise fazla atanan araçlar göz ardı edilerek atama sürecine dahil edilmemiştir. Bu atamaya ilişkin bir örnek Şekil 29’da verilmiştir. Buna göre 15, 9 ve 4 numaralı araçlar 2. yerel kan merkezine atanmışken 12 numaralı araç ise 4. yerel kan merkezine atanmıştır.

**Şekil 29: Örnek Yerel Kan Merkezine Araç Ataması Gösterimi**

YKM		ARAÇ		
2	←	15	9	4
4	←	12		

Diğer taraftan, yerel kan merkezinden ayrılan bir aracın rotası üzerinde hangi transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezlerinin bulunacağını belirleyen atama işlemine ilişkin gösterim Şekil 30’da verilmiştir. Yerel kan merkezine atanan araç ya da araçların rotasını belirleyecek olan tesisler, yerel kan merkezine atanan transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezleri arasından tesadüfi olacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 30 (a)’ya bakıldığında, 12 numaralı araç 4. yerel kan merkezinden ayrılarak sırasıyla 3 ve 4 numaralı transfüzyon merkezlerine uğradıktan sonra 1 numaralı kan bağış merkezine uğramaktadır. Son olarak, araç 1 numaralı kan bağış merkezine uğradıktan sonra tekrar çıkış yeri olan 4. yerel kan merkezine geri dönmektedir. Dikkat edilecek olursa, 4 numaralı transfüzyon merkezi, yerel kan merkezi olarak seçildiği için aracın uğrayacağı transfüzyon merkezleri listesinden çıkarılmış olup Şekil 30 (b)’deki gösterim bu çalışmada tercih edilmiştir.

**Şekil 30: Bir Aracın Rotasının Gösterimi**

ARAÇ		YKM	TM		KBM
12	←	4	3	4	1
(a)					
ARAÇ		YKM	TM	KBM	
12	←	4	3	1	
(b)					

### 5.3.2. Bireylerin Seçilimi

Gelecek nesil için yeni bireyler üretmek amacıyla ebeveyn seçimi için doğrusal sıralama seçim stratejisi izlenmiştir. Ayrıca, yeni nesil popülasyon oluşturma işlemi sırasında hem çaprazlama hem de mutasyon işlemlerinden gelecek olan yeni nesil bireyler ile eski popülasyondaki bireylerin yerleri doğrudan değiştirilmemiştir. Bunun yerine, eski popülasyondaki bireylerin,



çaprazlama sonrası oluşan bireylerin ve mutasyon sonucunda oluşan bireylerin uygunluk değerlerine göre sıralanıp yeni popülasyon sayısı kadar bireyin alınması planlanmıştır.

### 5.3.3. Bireylerin Çaprazlanması

Seçilen iki ebeveynin çaprazlanması için kısmi eşleştirilmiş çaprazlama yaklaşımına benzer bir strateji izlenmiştir. Bu çaprazlama süreci aşağıda verilen adımlar izlenerek probleme uyarlanmıştır.

Çaprazlama Adımları:

- 1. Adım:** İki bireyden satır sayısı eşit ya da küçük olan bireyin satır sayısının kaç olduğunu belirle (eşit ya da küçük olarak belirlenen satır sayısı  $a$ , birey 1'in satır sayısı  $n_1$  ve birey 2'nin satır sayısı  $n_2$  olsun),
- 2. Adım:**  $[1, a-1]$  aralığında tesadüfi bir tamsayı üret (bu sayı  $b$  olsun). Eğer  $a=1$  ise  $b=1$  al,
- 3. Adım:** Tekrarsız permütasyon yardımı ile birey 1 için  $[1, n_1]$  ve birey 2 için  $[1, n_2]$  aralığında yer alan  $b$  tane tesadüfi tamsayı üret ( $b$  tane sayıdan oluşan bu vektörler birey 1 için  $c_1$  ve birey 2 için  $c_2$  olsun),
- 4. Adım:** Birey 1 ve birey 2'de sırasıyla  $c_1$  ve  $c_2$  vektörüne karşılık gelen satırları ayrı bir yerde tut ve ardından bireylerdeki bu ilgili satırların içeriğini boşalt. Her bir birey için, o bireyin boşalan satırlarına diğer bireyden alınıp ayrı bir yerde tutulan satırları sırasıyla 5. Adım'a göre ekle (Mesela  $c_1=[4,2]$  ve  $c_2=[3,5]$  olsun. Bu durumda, birey 1'in 4. ve 2. satırı sırasıyla birey 2'nin 3. ve 5. satırıyla yer değişecektir.),
- 5. Adım:** Satır ekleme aşamasında, eklenecek satırın elemanlarının her biri eklenecek olduğu matrisin elemanlarından farklı ise satırı değiştirmeden ekle, aksi halde aynı olan elemanları eklenecek satırdan silip kalan elemanları sırasıyla ekle. Eğer işlem aşamasında yeni eklenecek satırdaki eleman sayısı 2'nin altına düşerse yeni eklenecek satır ve bu satır indeksine karşılık gelen  $N_j$  vektöründeki eleman ile  $\alpha_j$  vektöründeki elemanı bireyden sil,
- 6. Adım:** Bireylerin yer değişen satırlarının indekslerine karşılık gelen  $N_j$  ve  $\alpha_j$  vektörlerindeki eski yerel kan merkezi elemanlarını yeni yerel kan merkezi elemanları ile yer deşiş,
- 7. Adım:** Yeni oluşan bireyin eleman sayısı önceki bireyin eleman sayısından az ise bireyin önceki haline kıyasla eksik olan elemanlarını eklenen satırlara tesadüfi olarak ekle,
- 8. Adım:** Yeni eklenen satırlar için yeniden araç rotalama yap,
- 9. Adım:** Rotalamanın ardından,  $\alpha_j$  vektöründeki her bir  $j$ . eleman için  $j$ . yerel kan merkezine atanan araç sayısından fazla olmayacak şekilde tesadüfi olarak yeniden değer ata.

### 5.3.4. Birey Mutasyonu

Bireyde meydana gelecek mutasyon süreci için değiş tokuş yaklaşımı benimsenmiştir. Bu yaklaşımın probleme uyarlanması işlemi aşağıdaki adımlar izlenerek yapılmıştır:

1. **Adım:** Mutasyona uğrayacak bireyin kromozomundaki satır boyutunu geçmeyecek şekilde bir tesadüfi sayı üret (bu sayı  $a$  olsun),
2. **Adım:** Bireyden  $a$  tane satırı rastgele seç ve bu satırların her biri için aşağıdaki adımları takip et. Aşağıdaki adımları takip ederken her bir satır için aşağıdaki adımların uygulanıp uygulanmayacağının belirlenmesi amacıyla her bir adım için tesadüfi olarak 0 ya da 1 üretilir. Üretilen tesadüfi sayı 1 ise bu sayıya karşılık gelen adım uygulanır değilse uygulanmaz.
3. **Adım:** Yerel kan merkezleri, kendisine atanan transfüzyon merkezlerinden rastgele biriyle yer değiştir. Bu yer değişiminden sonra, aynı işlemi araç rotalama dizisi için de geręekleřtir,
4. **Adım:**  $N_j$ 'leri, kendisinden farklı rastgele  $[1, 3]$  aralığında seçilmiş bir tamsayı ile değiştir,
5. **Adım:**  $\alpha_j$ 'yi kendi değerinden farklı olmak üzere ve en çok  $j$ . yerel kan merkezine atanan araç sayısı değerini alacak şekilde tesadüfi bir tamsayı ile değiştir,
6. **Adım:** Araç rotalama için transfüzyon merkezleri arasından iki tanesini rastgele seç ve bunlar arasında yer değişimi yap.

### 5.3.5. Verilerin Toplanması

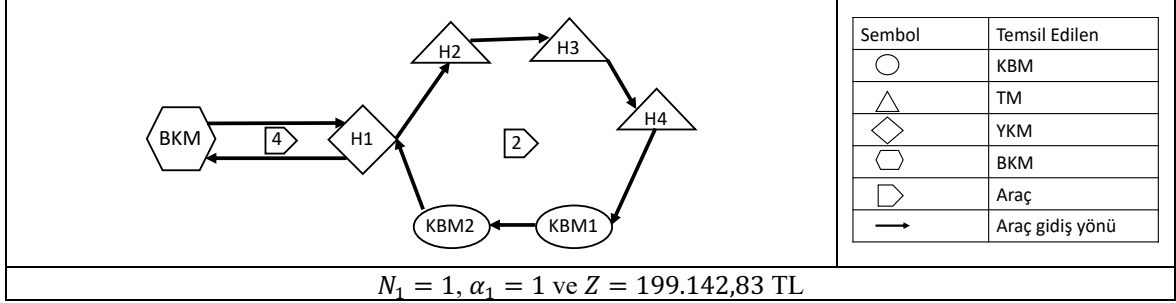
Çalışma verilerinin büyük bir kısmını oluşturan bölgeye bağlı hastanelerin listesi, hastane kan talepleri, personel ücretleri ve mesai süreleri, araç ve dolap kapasiteleri, dolap elektrik sarfiyatları hakkındaki bilgiler uygulama örneği olan Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi'nden temin edilmiştir. Diğer taraftan, Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi'ne bağlı tesisler arasındaki uzaklık ve ulaşım süresi matrisleri Microsoft tarafından geliştirilen Bing Haritalar üzerinden elde edilmiştir. Ayrıca, modelde kurulması planlanan yerel kan merkezi için satın alınacak dolapların kullanım ömürleri, satın alma ve bakım ücretleri ile ilgili bilgiler Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi'nin yönlendirdiği olası firmalardan temin edilmiştir. Elde edilen tüm verilere ilişkin bilgiler Ek 2-A, Ek 2-B, Ek 2-C, Ek 2-D, Ek 2-E, Ek 2-F ve Ek 2-G'de verilmiştir.

### 5.3.6. Modelin Geğerliliği

Önerilen modelin geçerli olup olmadığını belirlemek amacıyla küçük bir veri seti (Tablo 19'daki 3 numaralı örnek) üzerinden model test edilmiştir. Model GAMS programlama dilinde kodlanmıştır (Ek 3). Modelin testi NEOS sunucusu (<https://neos-server.org/neos/>) üzerinden

BARON çözücü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, modelin kısıtlarıyla çelişmediği ve optimal sonuç verdiği görülmüştür (Şekil 31).

**Şekil 31: Modelin BARON ile Çözümü**



Matematiksel modeli çözmek amacıyla önerilen Genetik Algoritma'nın doğruluğunu göstermek için Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama tipi modellerin çözümünde kullanılan BARON ve ANTIGONE çözücüler ile Genetik Algoritma kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama için 10 adet örnek veri seti kullanılmıştır. Her bir problem seti için 31 kez koşutulan Genetik Algoritma'nın çözüm sonuçları Tablo 19 ve Tablo 20'de verilmiştir.

**Tablo 19: Genetik Algoritma'nın BARON ve ANTIGONE Çözücü ile Kıyaslanması**

Örnek No	Tesis Sayısı			Araç Sayısı	Toplam Maliyet (TL)			
	YKM	TM	KBM		BARON	ANTIGONE	GA En İyi	GA Ortalama
1	2	2	2	5	198.795,53	198.795,53	198.795,53	198.795,53
2	3	3	2	5	198.940,83	198.940,83	198.940,83	198.940,83
3	4	4	2	5	199.142,83	199.142,83	199.142,83	199.142,83
4	4	4	4	5	199.189,31	199.189,31	199.189,31	199.189,31
5	5	5	2	5	200.664,88	199.139,00	199.101,82	199.101,82
6	5	5	5	10	199.307,39	199.359,19	199.307,39	199.310,02
7	6	6	2	10	198.961,89	198.862,82	198.862,82	198.862,82
8	6	6	6	10	199.231,47	199.294,42	199.179,15	199.214,76
9	8	8	2	10	199.528,34	199.619,44	199.520,37	199.544,44
10	10	10	2	10	200.279,88	200.467,13	200.243,22	200.356,81

**Tablo 20: Genetik Algoritma'nın BARON ve ANTIGONE Çözücü ile Arasındaki Fark**

Örnek No	Fark (%)*			
	GA (En İyi)-BARON	GA (Ortalama)-BARON	GA (En İyi)-ANTIGONE	GA (Ortalama)-ANTIGONE
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	-0,78	-0,78	-0,02	-0,02
6	0,00	0,00	-0,03	-0,02
7	-0,05	-0,05	0,00	0,00
8	-0,03	-0,01	-0,06	-0,04
9	0,00	0,01	-0,05	-0,04
10	-0,02	0,04	-0,11	-0,06

\*: Fark (%) = 100 x (GA Çözüm Değeri - # Çözücüsü Çözüm Değeri) / # Çözücüsü Çözüm Değeri

Tablo 19 ve Tablo 20 dikkate alındığında Genetik Algoritma, BARON ile 1, 2, 3, 4, 6, 9 ve ANTIGONE ile 1, 2, 3, 4, 7 numaralı örnekler için aynı sonuçları vermiştir. Ayrıca önerilen Genetik Algoritma'nın hem BARON hem de ANTIGONE çözücüsünden daha düşük maliyet değerine sahip çözümler ürettiği gözlemlenmiştir. Bunun dışında, Genetik Algoritma ile diğer iki çözücü arasında farkın %1'in altında olması, önerilen algoritma ile çözücülerin birbirine yakın sonuçlar ürettiği ve dolayısıyla sonuçların birbiriyle tutarlı olduğu söylenebilir.

### 5.3.7. Değişken ve Kısıtların Model Karmaşıklığı Üzerindeki Etkisi

Önerilen modelin hesaplama karmaşıklığı, modelin sahip olduğu değişken sayısı ve kısıt sayısı ile doğrudan ilişkilidir. Modelin karar değişkeni ya da kısıt kombinasyonu sayısındaki artış veya azalış modelin hesaplama karmaşıklığını ve dolayısıyla çözüm süresini önemli ölçüde etkileyecektir. Aşağıda Tablo 21'de önerilen matematiksel modelin kümelerine, karar değişkenlerinin ve kısıtlarının kombinasyonuna ilişkin formülasyonlar ile örnek uygulamanın boyutuna yönelik bilgiler verilmiştir.

**Tablo 21: Model Boyutuna İlişkin Bilgiler**

Kümeler	Gösterim	Uygulama Verisi
BKM	$S$	1
YKM	$J$	37
TM	$K$	37
KBM	$U$	4
YKM kapasite seviyesi	$N_j$	3
Ürün	$I$	3
Araç	$V$	40
Ağ üzerindeki tüm noktalar	$M(S + J + (K - J) + U)$	42

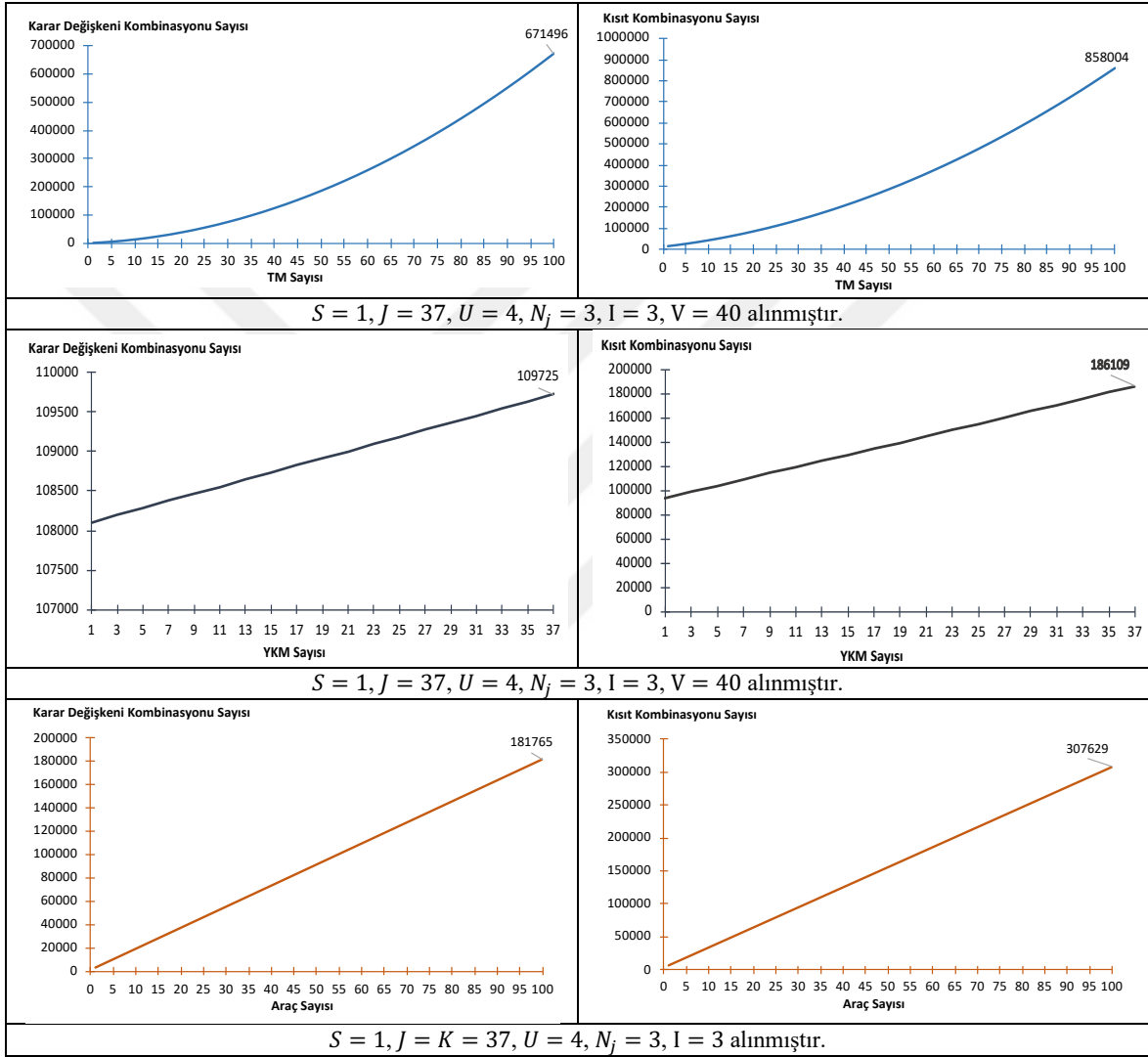
Tablo 21 (devamı)

Karar Değişkenleri		Gösterim	Sayı
$U_j^n$		$J \times N_j$	111
$Y_{jk}$		$J \times (K + U)$	1.517
$R_{klv}$		$M \times M \times V$	70.560
$\alpha_j$		$J$	37
$M_{kv}$		$K \times V$	1.480
Toplam		$J \times (K + U + N_j + 1) + V \times (M \times M + K)$	73.705
Kısıtlar			
1.	Kısıt	$K + U$	41
2.	Kısıt	$J$	37
3.	Kısıt	$J \times (K + U)$	1.517
4.	Kısıt	$J$	37
5.	Kısıt	$J$	37
6.	Kısıt	$J$	37
7.	Kısıt	1	1
8.	Kısıt	$I \times J$	111
9.	Kısıt	$I \times S \times J$	111
10.	Kısıt	$J$	37
11.	Kısıt	1	1
12.	Kısıt	$V$	40
13.	Kısıt	$K$	37
14.	Kısıt	$U$	4
15.	Kısıt	$I \times V$	120
16.	Kısıt	$K \times K \times V$	54.760
17.	Kısıt	$U \times U \times V$	640
18.	Kısıt	$M$	42
19.	Kısıt	$M \times V$	1.680
20.	Kısıt	$J \times J$	1.369
21.	Kısıt	$M \times V$	1.680
22.	Kısıt	$S \times K$	37
23.	Kısıt	$S \times U \times V$	160
24.	Kısıt	$J \times U$	148
25.	Kısıt	$U \times K$	148
26.	Kısıt	$U$	4
27.	Kısıt	$V$	40
28.	Kısıt	$V$	40
29.	Kısıt	$J$	37
30.	Kısıt	$J \times K \times V$	54.760
31.	Kısıt	$J \times U \times V$	5.920
32.	Kısıt	$M \times V$	1.680
Toplam			125.313

Tablo 21'e bakıldığında modeldeki kısıtların kombinasyon sayısı karar değişkelerinin kombinasyon sayısından fazla olduğu görülmüştür. Uygulama örneği dikkate alındığında, karar değişkenleri için kombinasyon sayısının 73.705 olduğu gözlemlenirken kısıtlar için bu sayının 125.313 olduğu gözlemlenmiştir. Model karmaşıklığı bölge kan merkezi, yerel kan merkezi,

transfüzyon merkezi, kan bağış merkezi, ürün ve araç sayısına bağı olarak değişmektedir. Karar değişkeni ve kısıt kombinasyonu sayısındaki değişimi gözlemlemek amacıyla bazı değişkenlere göre Grafik 11 'de değişim grafiği verilmiştir.

**Grafik 11: Karar Değişkeni ve Kısıt Kombinasyonu Sayılarının Transfüzyon Merkezi, Yerel Kan Merkezi ve Araç Sayılarına Bağı Değişimi**



Grafik 11 incelendiğinde, modelin karar değişkeni ve kısıt kombinasyonu sayısının transfüzyon merkezi, yerel kan merkezi ve araç sayısında yaşanan artışa bağı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışın, karar değişkeni kombinasyonu sayısına kıyasla kısıt kombinasyonu sayısında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Modeldeki karar değişkeni ve kısıt kombinasyonu sayısındaki değişimin yerel kan merkezi ve araç sayısının arttırılmasıyla doğrusal arttığı görülürken transfüzyon merkezi sayısındaki artışa verdiği tepki ise üstel olmuştur. Bu durum, transfüzyon merkezi sayısında gerçekleşecek bir birim artışın model karmaşıklığını üstel bir şekilde arttıracakını

ifade etmektedir. Bunlara ek olarak, model karmaşıklığının çeşitli girdilere göre değişimini gözlemlemek amacıyla yapılan analiz sonuçları, Tablo 22’de verilmiştir.

**Tablo 22: Çeşitli Girdilere Göre Karar Değişkeni ve Kısıt Kombinasyonu Sayıları**

TM Sayısı	YKM Sayısı	Araç Sayısı	Karar Değişkeni Kombinasyonu Sayısı	Kısıt Kombinasyonu Sayısı
5	1	2	223	267
10	1	2	488	504
10	1	5	1.193	1.061
10	5	5	1.265	1.491
10	5	10	2.440	2.698
20	1	2	1.318	1.282
20	1	5	3.253	2.859
20	1	10	6.478	5.486
20	5	5	3.365	3.531
20	5	10	6.590	6.638
20	5	20	13.040	12.850
20	10	10	6.730	8.122
20	10	20	13.180	15.534
20	10	30	19.630	22.946
50	1	2	6.208	6.010
50	1	5	15.433	14.247
50	1	10	30.808	27.974
50	1	20	61.558	55.426
50	5	5	15.665	15.641
50	5	10	31.040	30.448
50	5	20	61.790	60.060
50	5	30	92.540	89.672
50	10	10	31.330	33.584
50	10	20	62.080	65.896
50	10	30	92.830	98.208
50	10	40	123.580	130.520
50	20	20	62.660	77.712
50	20	30	93.410	115.424
50	20	40	124.160	153.136
50	20	60	185.660	228.558
100	1	2	22.358	21.892
100	1	5	55.733	53.229
100	1	10	111.358	105.456
100	1	20	222.608	209.908
100	5	5	56.165	55.823
100	5	10	111.790	110.130
100	5	20	223.040	218.742
100	5	30	334.290	327.354
100	10	10	112.330	116.016
100	10	20	223.580	229.828
100	10	30	334.830	343.640
100	10	40	446.080	457.452
100	20	20	224.660	252.144
100	20	30	335.910	376.356
100	20	40	447.160	500.568
100	20	60	669.660	748.990

$S = 1, U = 4, N_j = 3, I = 3$  alınmıştır.

Tablo 22'ye göre belli bir değerden sonra transfüzyon merkezleri, yerel kan merkezi ve araç sayısındaki artışın, modelin karar değişkeni ve kısıt kombinasyonu sayısında on binler civarında artışa neden olduğu görülmüştür. Bu durum, modelin karmaşıklığının ne kadar büyük boyutlarda olduğunu ve bunun bir sonucu olarak model çözümü hesaplamasının ne kadar zorlaşacağını göstermektedir.

### 5.3.8. Genetik Algoritma Parametrelerinin Belirlenmesi

Bu kısımda, Genetik Algoritma için etkin parametrelerin belirlenmesi amacıyla Taguchi tekniği kullanılmıştır (Cavazzuti, 2013: 27-30). Taguchi tekniği, birçok faktörü göz önüne alarak deneysel yöntemin istatistiksel tasarımı için çok güçlü bir araçtır (Sun vd., 2013: 118). Taguchi deney tasarımı ortogonal diziler kullanarak deney sayısını ciddi miktarda azaltmaktadır (Kivak, 2014: 21). Dolayısıyla hem zaman hem de maliyet bakımından avantaj sağlamaktadır. Taguchi deneyi için aşağıdaki adımlar izlenmiştir (Yang ve Tarng, 1998: 124):

1. **Adım:** Değerlendirilecek olan parametrelerin belirlenmesi,
2. **Adım:** Her bir parametre için faktör seviyelerinin belirlenmesi,
3. **Adım:** Deney için uygun ortogonal dizinin belirlenmesi ve bu diziye parametrelerin atanması,
4. **Adım:** Ortogonal dizide verilen parametre kombinasyonlarına göre deneylerin yapılması,
5. **Adım:** Deney sonuçlarının sinyal/gürültü (S/G) ile analiz edilmesi,
6. **Adım:** Optimal parametre seviyelerinin belirlenmesi,
7. **Adım:** Optimal parametre seviyelerinin doğrulanması.

Çalışmada popülasyon sayısı, iterasyon sayısı, çaprazlama oranı ve mutasyon oranı parametreleri için deney yapılması planlanmıştır. Belirlenen bu parametrelerin her biri için dört seviye belirlenmiştir: Popülasyon sayısı için [20 30 40 50], iterasyon sayısı için [250 500 750 1000], çaprazlama oranı için [0,6 0,7 0,8 0,9] ve son olarak mutasyon oranı için [0,05 0,1 0,2 0,3] dizileri belirlenmiştir. Parametrelerin seviye ve bu seviye ilişkin değerlerin gösterimi Tablo 23'te verilmiştir.

**Tablo 23: Deneyde Kullanılacak Parametreler ve Seviyeleri**

Seviye	Parametre			
	Popülasyon Sayısı	İterasyon Sayısı	Çaprazlama Oranı	Mutasyon Oranı
1	20	250	0,6	0,05
2	30	500	0,7	0,1
3	40	750	0,8	0,2
4	50	1000	0,9	0,3



Deney hesaplamaları için Minitab 18 (<https://www.minitab.com/en-us/>) istatistik programı kullanılmıştır. Tablo 23'te verilen veriler programa girilmiş ve deney için uygun ortogonal dizinin  $L_{16}(4^4)$  olduğu görülmüştür. Parametrelerin  $L_{16}(4^4)$  ortogonal dizisine göre dağılımı Tablo 24'te verilmiştir. Bu tabloya göre çeşitli parametre değerleri için 16 adet kombinasyon (deney) oluşturulmuştur. Her bir kombinasyon için 31 adet gözlem yapılmıştır (Ek 4). Yapılan gözlem değerlerine ilişkin ortalama ile standart sapma değeri Tablo 24'te verilmiştir.

**Tablo 24: Parametrelerin  $L_{16}(4^4)$  Ortogonal Dizisine Göre Dağılımı**

Deney No	Parametre				Gözlem	
	Popülasyon Sayısı	İterasyon Sayısı	Çaprazlama Oranı	Mutasyon Oranı	Ortalaması	Standart Sapması
1	20	250	0,6	0,05	2.488.349,61	176.760,15
2	20	500	0,7	0,1	2.387.633,17	208.210,89
3	20	750	0,8	0,2	2.297.513,94	215.126,51
4	20	1000	0,9	0,3	2.240.569,59	201.130,53
5	30	250	0,7	0,2	2.424.463,61	171.962,43
6	30	500	0,6	0,3	2.400.807,26	297.906,95
7	30	750	0,9	0,05	2.151.285,50	224.764,01
8	30	1000	0,8	0,1	2.131.026,03	198.773,18
9	40	250	0,8	0,3	2.310.706,68	284.917,21
10	40	500	0,9	0,2	2.210.202,67	237.160,48
11	40	750	0,6	0,1	2.160.792,11	257.403,70
12	40	1000	0,7	0,05	2.086.161,63	211.818,34
13	50	250	0,9	0,1	2.367.583,65	298.231,93
14	50	500	0,8	0,05	2.219.789,20	243.223,51
15	50	750	0,7	0,3	2.181.113,19	254.553,45
16	50	1000	0,6	0,2	2.056.322,82	251.595,11

Taguchi tekniğinde sinyal değeri, elde edilmek istenen değeri (çıktı ortalamasını) temsil ederken gürültü değeri ise istenmeyen değeri (çıktı standart sapmasını) temsil etmektedir (Yang ve Tarng, 1998: 127). OKS ortalama kare sapma olmak üzere S/G değeri aşağıdaki gibi hesaplanır (Yang ve Tarng, 1998: 127):

$$S/G = -10 \log (OKS) \quad (39)$$

Deneyin amacına göre en yüksek değer en iyi, en düşük değer en iyi ve nominal değer en iyi olduğu üç tür S/G fonksiyonu vardır (Liu vd., 2019: 472). Çalışmada en az maliyet çıktısını veren parametreler amaçlandığı için en düşük değer en iyi olduğu S/G fonksiyonu kullanılmıştır. Bunun için OKS değeri aşağıdaki gibi hesaplanır (Mandal vd., 2011: 2151):

$$OKS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (40)$$

burada  $n$  gözlem sayısını ve  $y$  ise gözlem değerini temsil etmektedir. Deney çalışmasına ait parametre S/G değerleri Tablo 25'te ve ortalama değerleri ise Tablo 26'da verilmiştir.

**Tablo 25: S/G İçin Taguchi Tepki Tablosu**

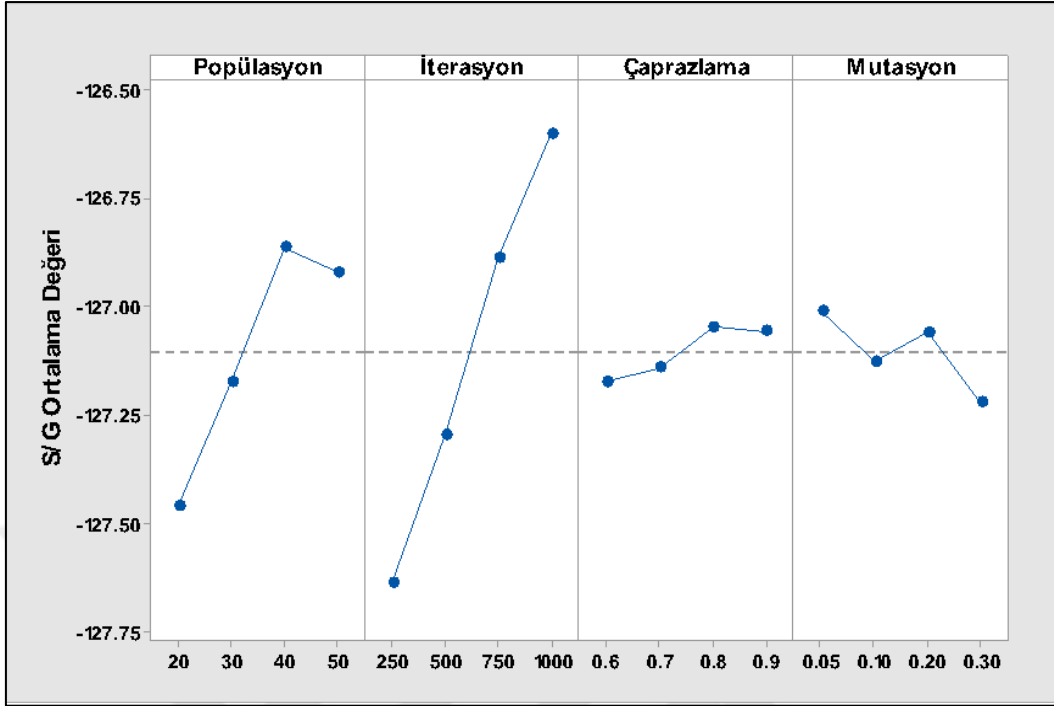
Seviye	Popülasyon Sayısı	İterasyon Sayısı	Çaprazlama Oranı	Mutasyon Oranı
1	-127,46	-127,64	-127,17	<b>-127,01</b>
2	-127,17	-127,29	-127,14	-127,13
3	<b>-126,86</b>	-126,89	<b>-127,05</b>	-127,06
4	-126,92	<b>-126,60</b>	-127,06	-127,22
Delta (En İyi-En Kötü)	0,59	1,03	0,13	0,21

**Tablo 26: Ortalama İçin Taguchi Tepki Tablosu**

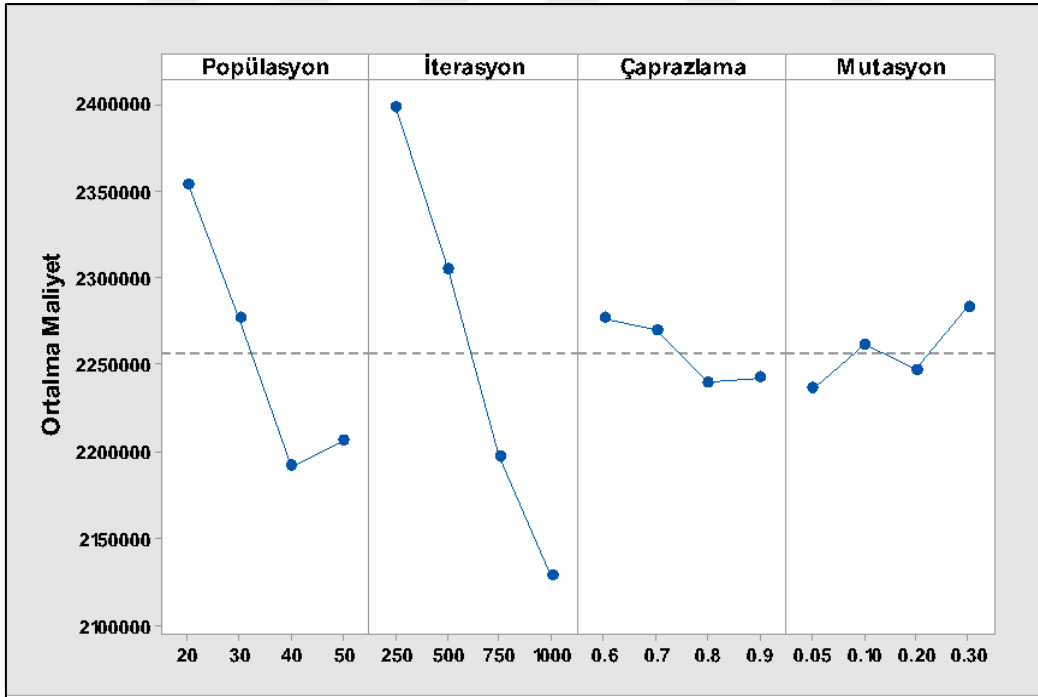
Seviye	Popülasyon Sayısı	İterasyon Sayısı	Çaprazlama Oranı	Mutasyon Oranı
1	2.353.516,57	2.397.775,89	2.276.567,95	<b>2.236.396,48</b>
2	2.276.895,60	2.304.608,08	2.269.842,90	2.261.758,74
3	<b>2.191.965,77</b>	2.197.676,18	<b>2.239.758,96</b>	2.247.125,76
4	2.206.202,22	<b>2.128.520,01</b>	2.242.410,35	2.283.299,18
Delta (En İyi-En Kötü)	161.550,80	269.255,87	36.808,99	46.902,70

Tepki tablolarına bakıldığında parametre S/G değerinin yüksek ve çalışmanın hedefi doğrultusunda parametre ortalamasının düşük olması beklenmektedir. Buna göre tablolarda en iyi S/G ve ortalama değerleri koyu olarak gösterilmiştir. Parametrelerin seviyelerine ilişkin en iyi değerlere bakıldığında hem S/G hem de ortalama değer için aynı durum söz konusudur. Her iki tepki tablosu incelendiğinde, en iyi değer popülasyon sayısı için 3. seviyede, iterasyon sayısı için 4. seviyede, çaprazlama oranı için 3. seviyede ve mutasyon oranı için 1. seviyede olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre seviyelerine karşılık gelen değerler popülasyon sayısı için 40, iterasyon sayısı için 1000, çaprazlama oranı için 0,8 ve mutasyon oranı için 0,05 değerine denk gelmektedir. Ayrıca, her iki Taguchi tepki tablosundan elde edilen değerler için grafik gösterimi S/G için Grafik 12'de ve ortalama için Grafik 13'te verilmiştir.

Grafik 12: S/G için Parametre Seviyelerinin Ana Etkisi



Grafik 13: Ortalama için Parametre Seviyelerinin Ana Etkisi



Tüm bu bilgilerden hareketle parametre değerleri popülasyon sayısı için 40, iterasyon sayısı için 1000, çaprazlama oranı için 0,8 ve mutasyon oranı için 0,05 olarak belirlenmiştir. Deney çalışmasının son adımı olarak, önerilen parametre değerlerinin doğruluğu test edilmiştir. Bunun için program, deney sonucunda elde edilen parametre değerleri için model çıktıları tahmin etmiştir. Sonra, önerilen parametre değerleri ile program çalıştırılarak 31 adet gözlem yapılmıştır. Son olarak elde edilen gözlem değerleri ile tahmin değeri kıyaslanmıştır (Tablo 27).

**Tablo 27: Parametre Değerlerinin Doğrulanması**

	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Tahmin	2.025.206,11	213.267,38	-0,68	0,50
Deney	1.999.729,53	209.083,65		

Tablo 27'ye göre tahmin değeri ile deney değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı ( $p=0,50>0,05$ ) anlaşılmıştır. Dolayısıyla, önerilen parametre değerlerinin geçerli olduğu söylenebilir.

### 5.3.9. Bulgular

Modelin Genetik Algoritma'da kodlanması MATLAB yazılım programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Model çözümü için Ek 2-A, Ek 2-B, Ek 2-C, Ek 2-D, Ek 2-E, Ek 2-F ve Ek 2-G'de verilen veriler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak olan Genetik Algoritma parametre değerleri için popülasyon sayısı 40, iterasyon sayısı 1000, çaprazlama oranı 0,8, mutasyon oranı 0,05 ve toplam koşuturma sayısı 31 olarak belirlenmiştir. Önerilen Genetik Algoritma yaklaşımının hesaplama işlemi için 1.6 GHz Intel Core i5 işlemci ve 4 GB hafızaya sahip kişisel bilgisayar kullanılmıştır. Hesaplama neticesinde elde edilen model bulguları Tablo 28-31'de verilmiştir.

**Tablo 28: Model Maliyetine İlişkin Deney Sonuçları**

Deney No	YKM Açma ve Çalıştırma Maliyeti (TL)	Taşıma Maliyeti (TL)	Stok Bulundurma Maliyeti (TL)	Araç Kullanım Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
1	159.442,44	184.486,56	13.893,40	1.440.000,00	1.797.822,40
2	161.875,80	188.853,82	13.893,40	1.620.000,00	1.984.623,02
3	314.499,40	170.627,28	13.893,40	1.500.000,00	1.999.020,08
4	526.882,52	164.626,32	13.893,40	1.560.000,00	2.265.402,24
5	374.258,92	145.537,11	13.893,40	1.440.000,00	1.973.689,43
6	238.187,60	153.448,01	13.893,40	1.440.000,00	1.845.529,01
7	485.627,40	190.813,15	13.893,40	1.620.000,00	2.310.333,95
8	376.692,28	163.574,01	13.893,40	1.440.000,00	1.994.159,69
9	309.632,68	136.925,30	13.893,40	1.320.000,00	1.780.451,38
10	312.066,04	160.937,66	13.893,40	1.500.000,00	1.986.897,10
11	302.813,84	159.142,21	13.893,40	1.620.000,00	2.095.849,45
12	376.692,28	154.468,44	13.893,40	1.440.000,00	1.985.054,12
13	448.137,36	149.262,95	13.893,40	1.560.000,00	2.171.293,71
14	374.258,92	120.105,12	13.893,40	1.260.000,00	1.768.257,44
15	238.187,60	185.642,45	13.893,40	1.380.000,00	1.817.723,45
16	462.256,28	182.569,99	13.893,40	1.680.000,00	2.338.719,67
17	312.066,04	124.103,19	13.893,40	1.320.000,00	1.770.062,63
18	233.320,88	137.845,07	13.893,40	1.440.000,00	1.825.059,35
19	309.632,68	207.211,29	13.893,40	1.680.000,00	2.210.737,37
20	228.935,40	226.549,36	13.893,40	1.980.000,00	2.449.378,16
21	247.439,80	196.938,42	13.893,40	1.620.000,00	2.078.271,62
22	233.320,88	172.209,99	13.893,40	1.440.000,00	1.859.424,27
23	453.004,08	203.909,09	13.893,40	1.500.000,00	2.170.806,57
24	305.247,20	189.739,33	13.893,40	1.800.000,00	2.308.879,93
25	383.511,12	160.548,83	13.893,40	1.380.000,00	1.937.953,35
26	448.137,36	130.814,64	13.893,40	1.320.000,00	1.912.845,40
27	159.442,44	205.837,88	13.893,40	1.560.000,00	1.939.173,72
28	302.813,84	158.650,58	13.893,40	1.440.000,00	1.915.357,82
29	305.247,20	112.738,17	13.893,40	1.140.000,00	1.571.878,77
30	235.754,24	199.318,99	13.893,40	1.740.000,00	2.188.966,63
31	233.320,88	170.779,47	13.893,40	1.320.000,00	1.737.993,75
<b>En İyi</b>	<b>305.247,20</b>	<b>112.738,17</b>	<b>13.893,40</b>	<b>1.140.000,00</b>	<b>1.571.878,77</b>
<b>En Kötü</b>	<b>228.935,40</b>	<b>226.549,36</b>	<b>13.893,40</b>	<b>1.980.000,00</b>	<b>2.449.378,16</b>
<b>Ortanca</b>	<b>161.875,80</b>	<b>188.853,82</b>	<b>13.893,40</b>	<b>1.620.000,00</b>	<b>1.984.623,02</b>
<b>Ortalama</b>	<b>317.829,21</b>	<b>168.006,93</b>	<b>13.893,40</b>	<b>1.500.000,00</b>	<b>1.999.729,53</b>

Model maliyet bulgularına ilişkin bilgiler Tablo 28’de verilmiştir. Buna göre model için en iyi, en kötü, ortanca ve ortalama maliyetlerin sırasıyla 1.571.878,77 TL, 2.449.378,16 TL, 1.984.623,02 TL ve 1.999.729,53 TL olduğu görülmüştür. Toplam maliyet kalemleri içerisinde en fazla giderin araç kullanım maliyeti olduğu gözlemlenmiştir. Bu maliyet kalemini sırasıyla yerel kan merkezi açma ve çalıştırma, taşıma ve stok bulundurma maliyetleri izlemiştir.

**Tablo 29: Açılan Yerel Kan Merkezleri, Kapasiteleri, Tur Katsayıları ve Bölge Kan Merkezine Atanan Araçlara İlişkin Bulgular**

Açılan Yerel Kan Merkezi	Kapasite Seviyesi	Tur Katsayısı	Bölge Kan Merkezi ile Yerel Kan Merkezi Arasına Atanan Araç Numarası
H5	2	1	20
H6	2	7	29
H32	2	1	13
H33	2	1	26

Bir önceki bölümün Matematiksel Model kısmında sorulan ilk iki sorunun cevabı olan; açılan yerel kan merkezleri, kapasiteleri, tur katsayıları ve bölge kan merkezine atanan araçlara ilişkin bulgular Tablo 29’da verilmiştir. Buna göre H5, H6, H32 ve H33 kodlu 4 adet yerel kan merkezi açılmıştır. Açılan yerel kan merkezlerinin tümünün kapasite seviyesi 2. seviye olarak belirlenmiştir. Bölge kan merkezi ile açılan yerel kan merkezleri arasında ürün taşıyacak olan araçların tur katsayısı, H6 kodlu yerel kan merkezi için 7 iken H5, H32 ve H33 kodlu yerel kan merkezleri için ise 1 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla, bölge kan merkezi ile H6 yerel kan merkezi arasına atanan araç 7 tur yapacakken H5, H32 ve H33 yerel kan merkezleri arasına atanan araçlar ise 1 tur yapacaktır. Bölge kan merkezi ile H5, H6, H32 ve H33 kodlu yerel kan merkezleri arasında taşıma işlemini yapacak olan araçlar sırasıyla 20, 29, 13 ve 26 numaralı araçlar olarak belirlenmiştir.

**Tablo 30: Açılan Yerel Kan Merkezlerine Transfüzyon Merkezi, Kan Bağış Merkezi ve Araç Atamalarına İlişkin Bulgular**

Yerel Kan Merkezi	Atanan		
	Transfüzyon Merkezleri	Kan Bağış Merkezleri	Araçlar
H5	H2, H5	-	17
H6	H1, H6, H7, H8, H9, H10, H11, H12, H13, H16, H18, H19, H20, H21, H27, H30	KBM2, KBM3	8, 10, 25, 27, 30, 37, 40
H32	H3, H22, H23, H24, H25, H26, H28, H29, H31, H32	KBM1	3, 21, 36
H33	H4, H14, H15, H17, H33, H34, H35, H36, H37	KBM4	14, 15, 16, 23

Matematiksel Model kısmının bir diğer sorusu olan üçüncü sorunun cevabı yani açılan yerel kan merkezlerine atanan transfüzyon merkezleri, kan bağış merkezi ve araçların dağılımına ilişkin bulgular Tablo 30’da verilmiştir. Buna göre;

- H5 kodlu yerel kan merkezine H2, H5 kodlu transfüzyon merkezleri ve 17 numaralı araç,

- H6 kodlu yerel kan merkezine H1, H6, H7, H8, H9, H10, H11, H12, H13, H16, H18, H19, H20, H21, H27, H30 kodlu transfüzyon merkezleri, KBM2, KBM3 kodlu kan bağış merkezleri ve 8, 10, 25, 27, 30, 37, 40 numaralı araçların,
- H32 kodlu yerel kan merkezine H3, H22, H23, H24, H25, H26, H28, H29, H31, H32 kodlu transfüzyon merkezleri, KBM1 kodlu kan bağış merkezi ve 3, 21, 36 numaralı araçların,
- H33 kodlu yerel kan merkezine H4, H14, H15, H17, H33, H34, H35, H36, H37 kodlu transfüzyon merkezleri, KBM4 kodlu kan bağış merkezi ve 14, 15, 16, 23 numaralı araçların

atamalarının gerçekleştiği görülmüştür.

**Tablo 31: Yerel Kan Merkezlerine Atanan Araçların Takip Ettiği Rotalar**

Araç Numarası	Takip Ettiği Rota Sırası					
	1	2	3	4	5	6
3	H32	H3	H29	H22	H32	-
8	H6	H7	H6	-	-	-
10	H6	H8	H16	H19	H6	-
14	H33	H34	H15	H33	-	-
15	H33	H4	H35	H33	-	-
16	H33	H36	H37	KBM4	H33	-
17	H5	H2	H5	-	-	-
21	H32	H28	H25	H24	H32	-
23	H33	H17	H14	H33	-	-
25	H6	H21	H20	KBM2	H6	-
27	H6	H27	H9	H6	-	-
30	H6	H12	H10	H30	H6	-
36	H32	H31	H23	H26	KBM1	H32
37	H6	H11	H13	KBM3	H6	-
40	H6	H18	H1	H6	-	-

Matematiksel Model kısmının son sorusu olan yerel kan merkezlerine atanan araçların rotalarına ilişkin bulgular Tablo 31’de verilmiştir. Buna göre;

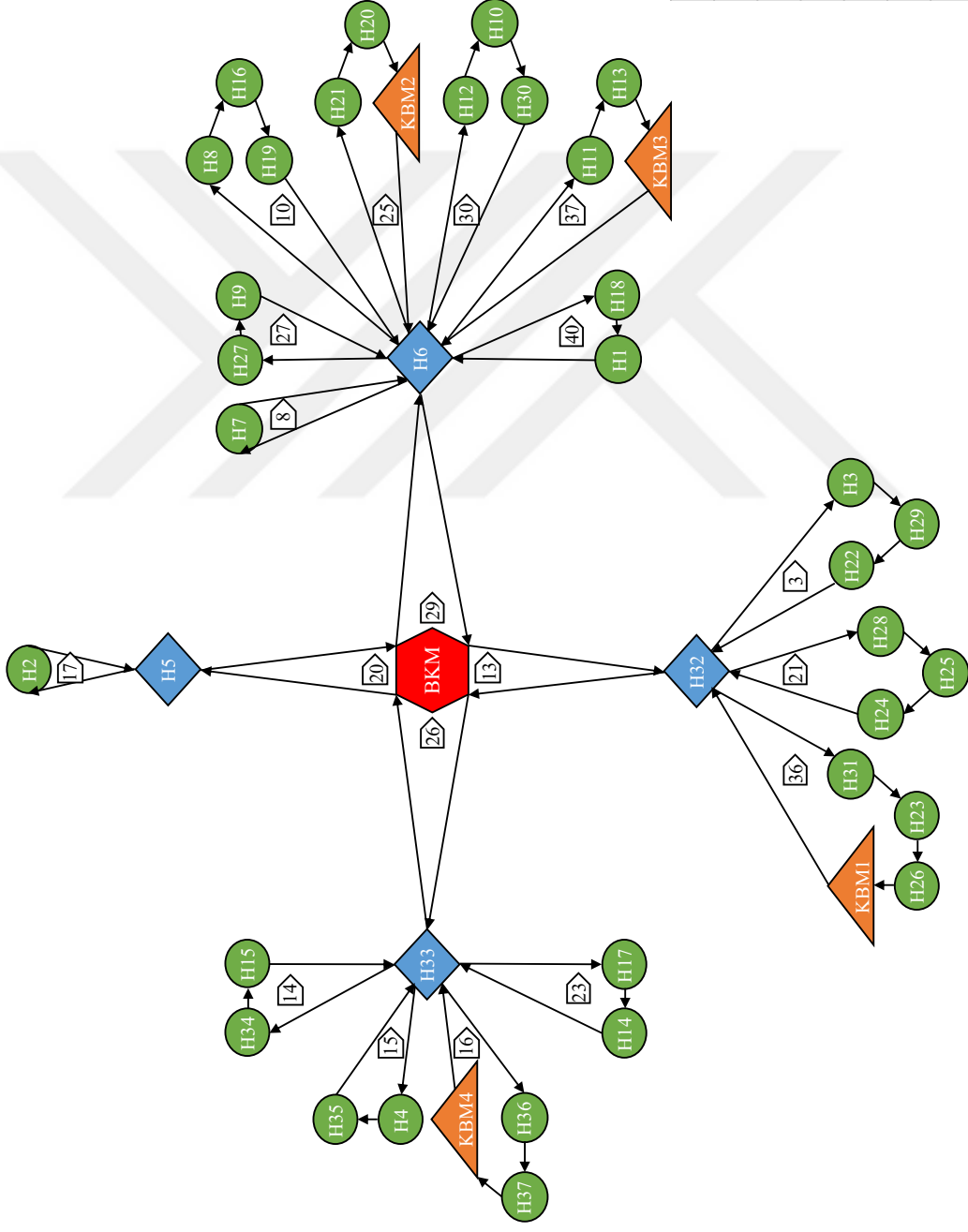
- 3 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H32 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H3, H29 ve H22 kodlu transfüzyon merkezlerine uğradığı,
- 8 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H6 kodlu yerel kan merkezinden H7 kodlu transfüzyon merkezine uğradığı,
- 10 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H6 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H8, H16 ve H19 kodlu transfüzyon merkezlerine uğradığı,
- 14 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H33 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H34 ve H15 kodlu transfüzyon merkezlerine uğradığı,
- 15 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H33 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H4 ve H35 kodlu transfüzyon merkezlerine uğradığı,

- 16 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H33 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H36, H37 kodlu transfüzyon merkezlerine ve sonra da KBM4 kodlu kan bağış merkezine uğradığı
- 17 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H5 kodlu yerel kan merkezinden H2 kodlu transfüzyon merkezine uğradığı,
- 21 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H32 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H28, H25 ve H24 kodlu transfüzyon merkezlerine uğradığı,
- 23 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H33 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H17 ve H14 kodlu transfüzyon merkezlerine uğradığı,
- 25 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H6 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H21, H20 kodlu transfüzyon merkezlerine ve sonra da KBM2 kodlu kan bağış merkezine uğradığı,
- 27 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H6 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H27 ve H9 kodlu transfüzyon merkezlerine uğradığı,
- 30 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H6 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H12, H10 ve H30 kodlu transfüzyon merkezlerine uğradığı,
- 36 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H32 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H31, H23, H26 kodlu transfüzyon merkezlerine ve sonra da KBM1 kodlu kan bağış merkezine uğradığı,
- 37 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H6 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H11, H13 kodlu transfüzyon merkezlerine ve sonra da KBM3 kodlu kan bağış merkezine uğradığı,
- 40 numaralı aracın başlangıç ve bitiş noktası olan H6 kodlu yerel kan merkezinden sırasıyla H18ve H1 kodlu transfüzyon merkezlerine uğradığı

görülmüştür. Tüm bu bulgular ışığında model ağı ve yapısına ilişkin gösterimler sırasıyla Şekil 32’de ve Şekil 33’te verilmiştir.



Şekil 32: Model Ağ Yapısının Gösterimi



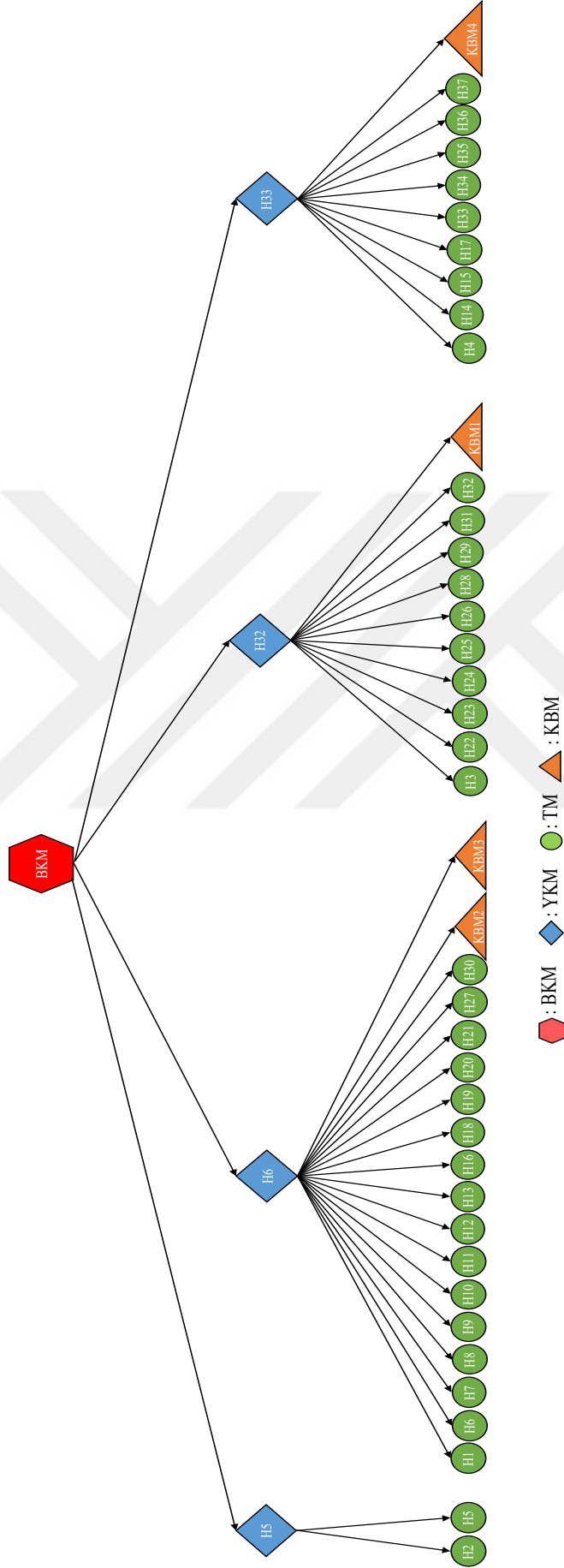
Sembol	Temsil Edilen
●	TM
▲	KBM
◆	YKM
⬠	BKM
□	Araç
→	Araç gidiş yönü

Kapasite Seviyeleri:  $N_5 = N_6 = N_{32} = N_{33} = 2$

Tur Katsayıları:  $\alpha_5 = \alpha_{32} = \alpha_{33} = 1, \alpha_6 = 7$

Toplam Maliyet:  $Z = 1.571.878,77$  TL

Şekil 33: Model Yapısının Hiyerarşik Gösterimi



### 5.3.10. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, modelin değişen çevre koşullarında nasıl tepki vereceğini anlamakta oldukça yararlı bir yaklaşımdır. Bu kısımda, önerilen modelin çeşitli senaryolar altında gösterdiği tepkiler incelenmiştir. Bunun için, çeşitli senaryolar altında üretilen çözümlerin ortalamaları kıyaslanmıştır. Ortalamaların kıyaslanması amacıyla normal dağılım gösteren veriler için bağımsız örneklem t testi analizi yapılmıştır (normallik testi için bkz. Ek 5). Anlamlılık düzeyi %5 kabul edilmiş olup bu seviyenin altındaki değerlerin istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği kabul edilmiştir. Hesaplama işlemi için Minitab 18 paket programı kullanılmıştır. Bu çalışmada üç farklı senaryo incelenmiştir:

*Senaryo 1: Maksimum mesafe miktarı ile mesai süresinde yaşanabilecek artışların toplam maliyet üzerindeki etkisi nedir?*

*Senaryo 2: Taşıma maliyetlerinin düşürülmesi ya da artırılmasının toplam maliyet üzerindeki etkisi nedir?*

*Senaryo 3: Stok bulundurma maliyetinin düşürülmesi ya da artırılmasının toplam maliyet üzerindeki etkisi nedir?*

Senaryo 1'i test etmek amacıyla maksimum mesafe miktarı için 500 km ile 750 km arasında değişim yapılırken mesai süresi için ise 8 saat ile 10 saat arasında değişim yapılmıştır. Bu iki parametre değerleri için yapılan varyasyonlar ve bunların modelin toplam maliyete üzerindeki etkisine ilişkin veriler Tablo 32 ve Tablo 33'te verilmiştir.

**Tablo 32: Farklı Mesai Süresi ve Maksimum Uzaklık Miktarları İçin Model Maliyeti**

		YKM Açma ve Çalıştırma Maliyeti (TL)	Taşıma Maliyeti (TL)	Stok Bulundurma Maliyeti (TL)	Araç Kullanım Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
8 s & 500 km	Ortalama	317.829,21	168.006,93	13.893,40	1.500.000,00	1.999.729,53
	Ortanca	161.875,80	188.853,82	13.893,40	1.620.000,00	1.984.623,02
8 s & 750 km	Ortalama	306.867,19	174.132,89	13.893,40	1.505.806,45	2.000.699,93
	Ortanca	228.935,40	168.237,95	13.893,40	1.560.000,00	1.971.066,75
10 s & 500 km	Ortalama	313.278,33	168.233,34	13.893,40	1.292.903,23	1.788.308,30
	Ortanca	161.875,80	225.148,85	13.893,40	1.380.000,00	1.780.918,05
10 s & 750 km	Ortalama	184.462,66	165.015,35	13.893,40	1.170.967,74	1.534.339,16
	Ortanca	235.754,24	153.801,79	13.893,40	1.140.000,00	1.543.449,43

**Tablo 33: Farklı Mesai Süresi ve Maksimum Uzaklık Miktarları İçin İkili Karşılaştırma Matrisi**

Gruplar	T Testi	
	T	P
8 s & 500 km -8 s & 750 km	-0,02	0,99
8 s & 500 km -10 s & 500 km	4,30	0,00
8 s & 500 km -10 s & 750 km	10,65	0,00
8 s & 750 km -10 s & 500 km	3,99	0,00
8 s & 750 km -10 s & 750 km	9,67	0,00
10 s & 500 km -10 s & 750 km	6,53	0,00

İlk olarak, mesai süresi 8 saatte sabit tutulup maksimum mesafe miktarı 500 km'den 750 km'ye çıkarılmıştır. Bu durum için Tablo 32 incelendiğinde, toplam maliyetin 1.999.729,53 TL'den 2.000.699,93 TL'ye arttığı görülmüştür. Ancak, aradaki bu farkın istatistiksel olarak dikkate değer bir artış olmadığı ( $p=0,99>0,05$ ) Tablo 33'ten anlaşılmaktadır. Aslında, yapılan bu değişim sonucunda bir iyileşme olması beklenmekteydi. Bu durumun gerçekleşmemesinin nedenine bakıldığında, ulaşım süresi ile dağıtım/toplama sürelerinin toplamının mesai süresini aşmasına izin vermemesi olarak söylenebilir. Buna bir kanıt olarak, maksimum mesafe miktarının 500 km'de sabit tutulup mesai süresinin 8 saatten 10 saate çıkarıldığında model toplam maliyetinin 1.999.729,53 TL'den 1.788.308,30 TL'ye inmesi ve bu iyileşmenin istatistiksel olarak anlamlı olması ( $p=0,00<0,05$ ) gösterilebilir. Ayrıca, yeterli mesai süresi sağlandığında yani mesai süresi 10 saatte sabit tutulduğunda, maksimum mesafe miktarında yapılacak (500 km'den 750 km'ye) olan artışın toplam maliyet üzerinde 1.788.308,30 TL'den 1.534.339,16 TL'ye istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme ( $p=0,00<0,05$ ) sağladığı gözlemlenmiştir. Diğer taraftan, yeterli çalışma süresi ve maksimum mesafe miktarı sağlandığında yani mesai süresi 8 saatten 10 saate çıkarıldığında ve maksimum mesafe miktarı 500 km'den 750 km'ye arttırıldığında model toplam maliyetinde 1.999.729,53 TL'den 1.534.339,16 TL'ye istatistiksel olarak anlamlı ( $p=0,00<0,05$ ) bir gerileme sağlanmaktadır.

Yapılan analizlerden yola çıkılarak, mesai süresinde yapılacak (8 saatten 10 saate) olan artışın toplam maliyet üzerinde istatistiksel olarak etkisi olduğu ancak maksimum mesafe miktarında yapılacak (500 km'den 750 km'ye) olan artışın mesai süresinde yapılacak olan artışa bağlı olarak istatistiksel olarak toplam maliyete etki ettiği anlaşılmaktadır. Yapılan bu değişikliklerin toplam maliyet üzerindeki etkisinin yönüne bakıldığında, hem maksimum mesafe miktarı hem de mesai süresi değişkenlerinin toplam maliyeti düşürdüğü yani iyileşme sağladığı görülmüştür.

**Tablo 34: Farklı Taşıma Maliyetleri İçin Model Maliyeti**

		YKM Açma ve Çalıştırma Maliyeti (TL)	Taşıma Maliyeti (TL)	Stok Bulundurma Maliyeti (TL)	Araç Kullanım Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
$\beta=0,5$	Ortalama	307.307,11	93.014,44	13.893,40	1.538.709,68	1.952.924,63
	Ortanca	445.704,00	79.675,75	13.893,40	1.440.000,00	1.979.273,15
$\beta=1$	Ortalama	317.829,21	168.006,93	13.893,40	1.500.000,00	1.999.729,53
	Ortanca	161.875,80	188.853,82	13.893,40	1.620.000,00	1.984.623,02
$\beta=2$	Ortalama	326.816,05	339.072,12	13.893,40	1.530.967,74	2.210.749,32
	Ortanca	383.511,12	326.896,76	13.893,40	1.500.000,00	2.224.301,28

**Tablo 35: Farklı Taşıma Maliyetleri İçin İkili Karşılaştırma Matrisi**

Gruplar	T Testi	
	T	P
$\beta=0,5^* \beta=1$	-0,88	0,38
$\beta=0,5^* \beta=2$	-4,49	0,00
$\beta=1^* \beta=2$	-3,67	0,00

Senaryo 2'yi gerçekleştirmek amacıyla, taşıma maliyeti hem yarıya ( $\beta=0,5$ ) düşürülerek hem de iki katına ( $\beta=2$ ) çıkarılarak taşıma maliyetinin toplam maliyet üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu analize ilişkin veriler Tablo 34 ile Tablo 35'te verilmiştir. Tablo 34'e göre taşıma maliyeti yarıya düşürüldüğünde modelin toplam maliyeti 1.999.729,53 TL'den 1.952.924,63 TL'ye azalmıştır. Ancak Tablo 35'e bakıldığında bu azalmanın istatistiksel olarak anlamlı ( $p=0,38>0,05$ ) olmadığı görülmüştür. Öte yandan, taşıma maliyetleri iki katına çıkarıldığında model toplam maliyeti 1.999.729,53 TL'den 2.210.749,32 TL'ye artış göstermiştir. Bu artışın dikkate değer ( $p=0,00<0,05$ ) bir değişim olduğu Tablo 35'ten anlaşılmaktadır. Buna benzer şekilde, taşıma maliyeti ağırlık faktörü 0,5'ten 2'ye çıkarıldığında da toplam maliyette istatistiksel olarak anlamlı ( $p=0,00<0,05$ ) bir artış olduğu görülmüştür.

Bu bilgiler ışığında, taşıma maliyetlerinin yarıya düşürülmesinin modelin toplam maliyeti üzerinde istatistiksel olarak bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Ancak, taşıma maliyetlerinin iki katına çıkarılması durumunda bu değişimin modelin toplam maliyeti üzerinde istatistiksel olarak etkisinin olduğu görülmüştür. Toplam maliyet üzerinde bu etkinin yönüne bakıldığında, taşıma maliyetleri üzerinde yapılan bu artışın toplam maliyeti artırdığı görülmüştür.

Senaryo 3 için stok bulundurma maliyeti katsayısı önce  $\theta = 0,5$  daha sonra da  $\theta = 2$  olarak alınmıştır. Stok bulundurma maliyeti ile ilgili yapılan bu değişikliklerin model toplam maliyeti üzerindeki etkisine ilişkin bulgular Tablo 36'da ve Tablo 37'de verilmiştir.

**Tablo 36: Farklı Stok Bulundurma Maliyetleri İçin Model Maliyeti**

		YKM Açma ve Çalıştırma Maliyeti (TL)	Taşıma Maliyeti (TL)	Stok Bulundurma Maliyeti (TL)	Araç Kullanım Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
$\theta = 0,5$	Ortalama	340.404,16	179.822,16	6.946,70	1.556.129,03	2.083.302,05
	Ortanca	459.822,92	147.411,72	6.946,70	1.500.000,00	2.114.181,34
$\theta = 1$	Ortalama	317.829,21	168.006,93	13.893,40	1.500.000,00	1.999.729,53
	Ortanca	161.875,80	188.853,82	13.893,40	1.620.000,00	1.984.623,02
$\theta = 2$	Ortalama	349.579,92	170.421,04	27.786,80	1.461.290,32	2.009.078,08
	Ortanca	473.941,84	181.336,01	27.786,80	1.320.000,00	2.003.064,65

**Tablo 37: Farklı Stok Bulundurma Maliyetleri İçin İkili Karşılaştırma Matrisi**

Gruplar	T Testi	
	T	P
$\theta = 0,5 * \theta = 1$	-1,61	0,11
$\theta = 0,5 * \theta = 2$	1,45	0,15
$\theta = 1 * \theta = 2$	-0,18	0,86

Tablo 36 incelendiğinde, stok bulundurma maliyetinin ağırlık faktörü 0,5 olarak alındığında toplam maliyetin 1.999.729,53 TL'den 2.083.302,05 TL'ye yükseldiği görülmüştür. Ancak bu değişimin anlamlı olup olmadığını anlamak için Tablo 37'ye bakıldığında ise stok bulundurma maliyetinin yarıya düşürülmesinin modelin toplam maliyeti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı ( $p=0,11>0,05$ ) görülmüştür. Ayrıca, stok bulundurma ağırlık faktörü iki katına çıkarıldığında toplam maliyet 1.999.729,53 TL'den 2.009.078,08 TL'ye yükselmesine rağmen bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ( $p=0,86>0,05$ ) bulunmuştur. Bu ağırlık faktörü, 0,5'den 2'ye çıkarılsa bile model toplam maliyetinde dikkate değer bir artış sağlamadığı ( $p=0,15>0,05$ ) gözlemlenmiştir. Bunun ana sebebi olarak, stok maliyet kaleminin toplam maliyet içerisinde diğerlerine göre oldukça az yer tutması gösterilebilir.

Stok bulundurma maliyetleri üzerinde yapılan analizler göz önüne alındığında, stok bulundurma maliyetlerinde yaşanabilecek iki katına kadar olan artışların ya da yarısına kadar olan düşüşlerin modelin toplam maliyeti üzerinde istatistiksel olarak bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmeler, sürekli gelişen teknoloji ve artan talep gibi değişken çevre koşullarına uyum sağlamak zorundadırlar. Dolayısıyla, artan rekabetle beraber talepleri karşılayabilmek için teknolojik altyapıya büyük miktarlarda yatırım yapmışlardır. Bu yatırımların işletmeye fayda sağlaması ancak doğru bir planlama ile mümkündür. Tedarik zinciri planlaması da bunlardan biridir. Doğru planlanan bir tedarik zinciri, işletmenin sahip olduğu kıt kaynakları daha verimli ve etkin bir şekilde kullanmasına olanak sağlayacaktır.

Özellikle, sağlık hizmeti sektöründe bu durum çok daha önem arz etmektedir. Çünkü karşılanmayan her bir talep insan sağlığını doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla araştırmacılar, işletmelere yol göstermek amacıyla finansal değerlendirme, performans ölçümü, hasta akış değerlendirmesi, talep tahmini, kaynak planlaması, tesis yeri düzenlemesi, stok yönetimi gibi konuları baz alan birçok çalışma ile ilgilenmiştir. Tedarik zincirinin birçok yönünü temsil eden bu çalışmaların en önemlilerinden biri de tedarik zinciri ağ tasarımı konusudur.

Tedarik zinciri ağ tasarımı, birçok parametreyi bünyesinde barındırdığından planlaması oldukça zorlu bir süreçtir. Üstelik, bozulabilir bir ürünün ağ tasarımı söz konusu olduğunda bu süreç daha çok önem arz etmektedir. Çünkü raf ömürleri kısa olan bu ürünlerin hem saklama hem de taşıma koşullarının sağlanması gerekmektedir. Böyle karmaşık problemleri hem modellemek hem de çözüme ulaştırmak oldukça zordur.

Kan ve kan ürünleri, bozulabilir ürünler sınıfından olduğundan bu zorlu süreç kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağı planlaması içinde geçerlidir. Kan ve kan ürünlerinin elde tutulması bazı ürünler için oda sıcaklığının, bazı ürünler için ise  $-25^{\circ}\text{C}$ 'nin altında sıcaklığın sağlandığı ortamların oluşturulması ile mümkündür. Ayrıca, gerekli koşulların sağlanmasının yanı sıra trombosit gibi bazı ürünlerin raf ömürlerinin 5 gün gibi kısıtlı bir süreye sahip olması ve taşınma süresinin sınırlı olması, ürün dağıtımının oldukça etkin bir şekilde yapılmasını gerektirmektedir. Bunun yanında, kan ve kan ürünlerinin taşınması için sıcaklığı muhafaza eden özel ekipmanların kullanılması gerekmektedir. Dolayısıyla, kan ve kan ürünlerinin hem saklanması hem de taşınması ancak gerekli teknolojik altyapının sağlanması ile mümkündür. Bu durum ise ciddi altyapı yatırımların yapılmasını gerektirmektedir. Kan ve kan ürünlerinin kendine özgü bu şartları nedeniyle tedarik zinciri ağının oldukça iyi planlanmasını gerektirmektedir. Ancak, iyi planlanmayan bir tedarik ağı transfüzyon merkezlerinde aşırı stok oluşumuna ya da stoksuz kalma durumuna sebebiyet verecektir. Bu durum ise hem yapılan yatırımı karşılıksız bırakacak hem de insan sağlığını tehlikeye atacaktır.

Literatür incelediğinde kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı konu alan çalışmaların son yıllarda ciddi bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Ancak bu artışa rağmen az sayıda çalışmanın olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun Türkiye’de yapılan kan ve kan ürünleri tedarik zinciri çalışmaları için de geçerli olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu çalışma hem literatürdeki boşluğu doldurması açısından hem de yeni bir tedarik ağı modeli önermesi açısından önemli ve özgün görülmektedir.

Bu çalışma, kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı üzerine odaklanmıştır. Bunun için yer seçimi, atama ve rotalama kararlarını içeren bir Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama modeli önerilmiştir. Bu modele göre, bir adet bölge kan merkezi bulunmakta ve bölge kan merkezine bağlı hastaneler (transfüzyon merkezleri) bulunmaktadır. Bölge kan merkezinden gelecek ürünleri transfüzyon merkezlerine dağıtacak olan potansiyel yerel kan merkezleri transfüzyon merkezleri içerisinde seçilmektedir. Açılan yerel kan merkezlerine de bölge kan merkezine bağlı olan transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezleri atanmaktadır. Buna ek olarak, hem bölge kan merkezi ile yerel kan merkezleri arasında hem de yerel kan merkezleri ile transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezleri arasında taşıma işlevini görecekten araçlar atanmaktadır. Ayrıca, yerel kan merkezleri ile transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezleri arasında atanan araçlar için rotalama işlevi yapılmaktadır. Model için tüm bu işlevler gerçekleştirilirken toplam maliyetin minimize edilmesi planlanmıştır.

Önerilen modelin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla model GAMS ortamında kodlanmış ve BARON çözücü ile küçük bir örneklem üzerinde modelin doğruluğu gösterilmiştir. Diğer taraftan, modelin çözümü için sezgisel bir yaklaşım olan Genetik Algoritma kullanılmıştır. Genetik Algoritma, birçok optimizasyon probleminde başarıyla uygulanabilen bir sezgisel yaklaşımdır. Birçok alanda kolayca uygulanıp başarılı sonuçlar üretmesi sayesinde birçok araştırmacının ve uygulamacının dikkatini çekmiştir. Genetik Algoritma’nın büyük ve karmaşık problemlerin çözümünde kullanışlı olduğu ispatlanmıştır (Taxakis ve Papadopoulos, 2016: 6445). Dolayısıyla bu çalışmada birçok optimizasyon probleminde etkili sonuçlar üreten Genetik Algoritma kullanılmıştır. Önerilen bu sezgisel algoritmanın geçerli sonuçlar ürettiğini göstermek amacıyla Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama model çözümünde kullanılan BARON ve ANTIGONE gibi iki adet çözücü ile farklı örneklem için çıktılar kıyaslanmış ve tutarlı sonuçlar elde edilmiştir.

Modelin uygulaması Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezi üzerinden gerçekleştirilmiştir. Belirlenen bu örneklem içerisinde Giresun, Trabzon, Gümüşhane, Rize ve Artvin olmak üzere beş il yer almaktadır. Bölge kan merkezinin Trabzon’da bulunduğu uygulama bölgesinde, bölge kan merkezine bağlı 37 adet transfüzyon merkezi ile Giresun, Rize, Gümüşhane ve Artvin illerinde birer tane olmak üzere 4 adet kan bağış merkezi bulunmaktadır. Uygulama verileri Kızılay Doğu Karadeniz Bölge Kan Merkezinden, bu merkez tarafından yönlendirilen firmalardan ve Bing Haritalar üzerinden temin edilmiştir.



Uygulama sonucunda, bölge kan merkezine bağlı H5 (Trabzon), H6 (Trabzon), H32 (Giresun) ve H33 (Artvin) kodlu 4 adet yerel kan merkezi açılmıştır. Açılan yerel kan merkezlerinden H5 kodlu yerel kan merkezine 2 adet transfüzyon merkezi, H6 kodlu yerel kan merkezine 16 adet transfüzyon merkezi ve 2 adet kan bağış merkezi, H32 kodlu yerel kan merkezine 10 adet transfüzyon merkezi ve 1 adet kan bağış merkezi, H33 kodlu yerel kan merkezine ise 9 adet transfüzyon merkezi ve 1 adet kan bağış merkezi atanmıştır. Tesisler için araç atamalarına bakıldığında, 4 tanesi bölge kan merkezi ile yerel kan merkezleri arası, 15 tanesi yerel kan merkezleri ile transfüzyon merkezleri ve kan bağış merkezleri arasında olmak üzere toplam 19 araç atanmıştır. Maliyete ilişkin bulgulara bakıldığında, yerel kan merkezi açma ve çalıştırma maliyeti 305.247,20 TL, taşıma maliyeti 112.738,17 TL, stok bulundurma maliyeti 13.893,40 TL ve araç kullanım maliyeti 1.140.000,00 TL olmak üzere toplam model maliyeti 1.571.878,77 TL olarak bulunmuştur.

Ayrıca, modelin değişen çevresel koşullar altında tepkisini gözlemlemek amacıyla duyarlılık analizi de yapılmıştır. Duyarlılık analizi için maksimum mesafe miktarı ve mesai süresi, taşıma ve stok bulundurma maliyetleri olmak üzere üç farklı parametre üzerinde değişiklikler yapılarak model test edilmiştir. Duyarlılık analizi sonucunda, mesai süresi sabit tutulup mesafenin artırılması durumunun toplam maliyet üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı ancak mesai süresinde yapılacak bir artıştan sonra toplam maliyet üzerinde bir iyileşme sağlandığı görülmüştür. Diğer taraftan, taşıma maliyetlerinin yarıya düşürülmesinin toplam maliyet üzerinde istatistiksel olarak bir etkisi olmazken tam tersi durumda, yani taşıma maliyetleri iki katına çıkarıldığı durumda, toplam maliyet üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak, stok bulundurma maliyetleri üzerinde yapılan değişikliklerin model toplam maliyeti üzerinde istatistiksel olarak herhangi bir anlamlı değişikliğe neden olmadığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak, stok bulundurma maliyetlerin toplam maliyet içerisinde az yer tutması gösterilebilir.

Sonuç olarak, çalışmada kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ tasarımı gibi karmaşık bir problem için geçerli bir model üretilmiştir. Ayrıca, önerilen modelin çözümü için güvenilir sonuçlar veren sezgisel bir algoritma uygulanmıştır. Önerilen model, kan ve kan ürünleri ağ tasarımının yanı sıra diğer bozulabilir ürünlere de uyarlanarak geliştirilebilir.

Çalışmanın sınırlılıkları olarak, model uygulama aşaması için gerekli olan verilerin tümünün temin edilememesi gösterilebilir. Transfüzyon merkezlerinin yıllık kan talepleri ile ilgili güncel verilerin temin edilememesi çalışma için bir kısıtlama olmuştur. Bu kısıtlamadan dolayı, önerilen modelle mevcut sistem karşılaştırılması yapılamamıştır.

Gelecek çalışmalar için öneriler şöyle sıralanabilir: Önerilen modelin varsayımları deterministik olarak verilmiştir. Ancak sağlık hizmetlerinde, talep gibi sürekli değişkenlik gösteren dinamik parametreler olabilmektedir. Bu nedenle, gelecek çalışmalarda önerilen model stokastik olarak yeniden planlanabilir. Diğer taraftan, önerilen model tek amaçlı ve maliyet minimizasyonu

olarak planlanmıştır. Ancak, bazı durumlar için ürün ulaşılabilirliği önem arz etmektedir. Bu durum göz önüne alınarak model yeniden iyileştirilebilir. Ayrıca, kan ve kan ürünleri tedarik zinciri ağ planlamasında bahsedilen bu amaçlar dışında çevresel etkinin minimize edilmesi, sosyal faydanın arttırılması gibi amaçlar için de model genişletilebilir. Bunun dışında, Önerilen matematiksel model tek periyodik olarak planlamıştır. Sonraki alışmalar için bu alışma, oklu periyodik olarak yeniden planlanabilir.



## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Aalaei, Amin ve Davoudpour, Hamid (2016), “Revised Multi-Choice Goal Programming for Incorporated Dynamic Virtual Cellular Manufacturing into Supply Chain Management: A Case Study”, **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, 47, 3–15.
- Abbasi, Babak ve Hosseiniard, S. Zahra (2014), “On the Issuing Policies for Perishable Items Such as Red Blood Cells and Platelets in Blood Service”, **Decision Sciences**, 45(5), 995–1020.
- Abdulwahab, U. ve Wahab, M. I. M. (2014), “Approximate Dynamic Programming Modeling for a Typical Blood Platelet Bank”, **Computers and Industrial Engineering**, 78, 259–270.
- Acar, Yavuz vd. (2010), “A Decision Support Framework for Global Supply Chain Modelling: An Assessment of the Impact of Demand, Supply and Lead-Time Uncertainties on Performance”, **International Journal of Production Research**, 48(11), 3245–3268.
- Adenso-Díaz, Belarmino vd. (2016), “How the Environmental Impact Affects the Design of Logistics Networks Based on Cost Minimization”, **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, 48, 214–224.
- Adenso-Díaz, Belarmino vd. (2018), “Assessing Supply Chain Robustness to Links Failure”, **International Journal of Production Research**, 56(15), 5104–5117.
- Adulyasak, Yossiri vd. (2014a), “Formulations and Branch-And-Cut Algorithms for Multivehicle Production and Inventory Routing Problems Formulations and Branch-And-Cut Algorithms for Multivehicle Production and Inventory Routing Problems”, **INFORMS Journal on Computing**, 26(1), 103–120.
- \_\_\_\_\_ (2014b), “Optimization-Based Adaptive Large Neighborhood Search for the Production Routing Problem”, **Transportation Science**, 48(1), 20–45.
- Afshar, Jafar, Sadeghiamirshahidi, Narjes, Firouzi, Ali Reza, Zahraee, Seyed Mojib, vd. (2014), “Improving the Inventory Levels of a Blood Supply Chain Through System Dynamic Simulation”, **Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)**, 69(6), 1–4.
- Afshar, Jafar, Sadeghiamirshahidi, Narjes, Firouzi, Ali Reza, Shariatmadari, Shahab, vd. (2014), “System Dynamics Analysis of a Blood Supply Chain System”, **Applied Mechanics and Materials**, 510, 150–155.
- Aguirre, Adrián M. vd. (2018), “Optimisation Approaches for Supply Chain Planning and Scheduling under Demand Uncertainty”, **Chemical Engineering Research and Design**, 138, 341–357.

- Ahmadi-Javid, Amir ve Seddighi, Amir Hossein (2012), “A Location-Routing-Inventory Model for Designing Multisource Distribution Networks”, **Engineering Optimization**, 44(6), 637–656.
- Ahmadi, Abbas vd. (2019), “How Group Purchasing Organisations Influence Healthcare-Product Supply Chains? An Analytical Approach”, **Journal of the Operational Research Society**, 70(2), 280–293.
- Ahmadi Javid, Amir ve Azad, Nader (2010), “Incorporating Location, Routing and Inventory Decisions in Supply Chain Network Design”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 46(5), 582–597.
- Ahn, Yuchan ve Han, Jeehoon (2018), “Economic Optimization of Integrated Network for Utility Supply and Carbon Dioxide Mitigation with Multi-Site and Multi-Period Demand Uncertainties”, **Applied Energy**, 220(April), 723–734.
- Aksoy, Armağan vd. (2011), **Ulusal Kan Ve Kan Ürünleri Rehberi**, Türkiye Kan Merkezleri ve Transfüzyon Derneği, İstanbul.
- Alavi, Seyyed Hossein ve Jabbarzadeh, Armin (2018), “Supply Chain Network Design Using Trade Credit and Bank Credit: A Robust Optimization Model with Real World Application”, **Computers and Industrial Engineering**, 125(July), 69–86.
- Alex Marvin, W. vd. (2012), “Economic Optimization of a Lignocellulosic Biomass-To-Ethanol Supply Chain”, **Chemical Engineering Science**, 67(1), 68–79.
- AlHusain, Raed ve Khorramshahgol, Reza (2018), “A Multi-Objective Approach to Design Strategic Supply Chains and Develop Responsiveness- Efficiency Frontiers”, the **International Journal of Logistics Management**, 29(1), 365–386.
- Alizadeh, Morteza vd. (2019), “Sustainable Olefin Supply Chain Network Design under Seasonal Feedstock Supplies and Uncertain Carbon Tax Rate”, **Journal of Cleaner Production**, 222, 280–299.
- Allaoui, Hamid vd. (2018), “Sustainable Agro-Food Supply Chain Design Using Two-Stage Hybrid Multi-Objective Decision-Making Approach”, **Computers and Operations Research**, 89, 369–384.
- Alman Kızıllaçığı (2015), “Red Cross EU Office”, <https://redcross.eu/en/Who-we-are/MEMBERS/German-Red-Cross/> (09.07.2015).
- Almansoori, Ali ve Betancourt-Torcat, Alberto (2016), “Design of Optimization Model for a Hydrogen Supply Chain under Emission Constraints - A Case Study of Germany”, **Energy**, 111, 414–429.
- Almansoori, Ali ve Shah, Nilay (2006), “Design and Operation of a Future Hydrogen Supply Chain: Snapshot Model”, **Chemical Engineering Research and Design**, 84(6 A), 423–438.

- Altıparmak, Fulya vd. (2006), “A Genetic Algorithm Approach for Multi-Objective Optimization of Supply Chain Networks”, **Computers and Industrial Engineering**, 51(1), 196–215.
- Altıparmak, Fulya vd. (2009), “A Steady-State Genetic Algorithm for Multi-Product Supply Chain Network Design”, **Computers and Industrial Engineering**, 56(2), 521–537.
- Altmann, Michael (2015), “A Supply Chain Design Approach Considering Environmentally Sensitive Customers: the Case of a German Manufacturing SME”, **International Journal of Production Research**, 53(21), 6534–6550.
- Álvarez-Socarrás, Ada vd. (2014), “Two-Phase Decision Support Methodology for Design and Planning an Outcome-Driven Supply Chain”, **Journal of Applied Research and Technology**, 12(4), 704–715.
- Alzaman, Chaheer vd. (2010), “Gradient Method in Solving Nonlinear Cost of Quality Functions in Supply Chain Network Design”, **International Journal of Management Science and Engineering Management**, 5(6), 411–421.
- Amerikan Kızıhaçı (2019), “Blood Needs & Blood Supply | Facts & Statistics | Red Cross”, <https://www.redcrossblood.org/donate-blood/how-to-donate/how-blood-donations-help/blood-needs-blood-supply.html> (21.03.2019).
- Amini, Mehdi ve Li, Haitao (2015), “The Impact of Dual-Market on Supply Chain Configuration for New Products”, **International Journal of Production Research**, 53(18), 5669–5684.
- An, Heungjo vd. (2011), “A Mathematical Model to Design a Lignocellulosic Biofuel Supply Chain System with a Case Study Based on a Region in Central Texas”, **Bioresource Technology**, 102(17), 7860–7870.
- Arapantzi, Christina vd. (2018), “A Strategic Model for Exact Supply Chain Network Design and Its Application to a Global Manufacturer”, **International Journal of Production Research**, 0(0), 1–27.
- Arapantzi, Christina ve Minis, Ioannis (2017), “A New Model for Designing Sustainable Supply Chain Networks and Its Application to a Global Manufacturer”, **Journal of Cleaner Production**, 156, 276–292.
- Aras, Necati vd. (2008), “Locating Collection Centers for Incentive-Dependent Returns under a Pick-Up Policy with Capacitated Vehicles”, **European Journal of Operational Research**, 191(3), 1223–1240.
- Aras, Necati ve Bilge, Ümit (2018), “Robust Supply Chain Network Design with Multi-Products for a Company in the Food Sector”, **Applied Mathematical Modelling**, 60, 526–539.
- Ardalan, Zaniar vd. (2016), “Supply Chain Networks Design with Multi-Mode Demand Satisfaction Policy”, **Computers and Industrial Engineering**, 96, 108–117.

- Arora, Jasbir S. (2012), “Genetic Algorithms for Optimum Design”, **Introduction to Optimum Design**, 3th Edition *içinde* (643–655), Elsevier.
- Arvan, Meysam vd. (2015), “Designing a Bi-Objective, Multi-Product Supply Chain Network for Blood Supply”, **Uncertain Supply Chain Management**, 3(1), 57–68.
- Ashtab, Sahand vd. (2015), “A Characterization of Alternate Optimal Solutions for a Supply Chain Network Design Model”, **INFOR: Information Systems and Operational Research**, 53(2), 90–93.
- Aung, Myo Min ve Chang, Yoon Seok (2014), “Temperature Management for the Quality Assurance of a Perishable Food Supply Chain”, **Food Control**, 40(1), 198–207.
- Avraamidou, Styliani ve Pistikopoulos, Efstratios N (2018), “B-POP: Bi-Level Parametric Optimization Toolbox”, **Computers and Chemical Engineering**, 0, 1–10.
- Ayvaz, Berk vd. (2015), “Stochastic Reverse Logistics Network Design for Waste of Electrical and Electronic Equipment”, **Resources, Conservation and Recycling**, 104, 391–404.
- Azad, Nader vd. (2013), “Strategies for Protecting Supply Chain Networks Against Facility and Transportation Disruptions: An Improved Benders Decomposition Approach”, **Annals of Operations Research**, 210(1), 125–163.
- Azad, Nader ve Ameli, Mohammad Saeed Jabal (2008), “Integrating Customer Responsiveness and Distribution Cost in Designing a Two-Echelon Supply Chain Network with Considering Capacity Level and Piecewise Linear Cost”, **International Journal of Management Science and Engineering Management**, 3(3), 220–231.
- Azad, Nader ve Davoudpour, Hamid (2010), “A Two Echelon Location-Routing Model with Considering Value-At-Risk Measure”, **International Journal of Management Science and Engineering Management**, 5(3), 235–240.
- Azad, Nader ve Hassini, Elkafi (2019), “Recovery Strategies from Major Supply Disruptions in Single and Multiple Sourcing Networks”, **European Journal of Operational Research**, 275(2), 481–501.
- Bäck, Thomas vd. (Ed.) (2000), **Evolutionary Computation 2: Advanced Algorithms and Operators**, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia.
- Badri, Hossein vd. (2013), “Integrated Strategic and Tactical Planning in a Supply Chain Network Design with a Heuristic Solution Method”, **Computers and Operations Research**, 40(4), 1143–1154.
- Badri, Hossein vd. (2017), “A Two-Stage Stochastic Programming Approach for Value-Based Closed-Loop Supply Chain Network Design”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 105, 1–17.

- Baghalian, Atefeh vd. (2013), “Robust Supply Chain Network Design with Service Level Against Disruptions and Demand Uncertainties: A Real-Life Case”, **European Journal of Operational Research**, 227(1), 199–215.
- Bai, Xuejie ve Liu, Yankui (2016), “Robust Optimization of Supply Chain Network Design in Fuzzy Decision System”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 27(6), 1131–1149.
- Bai, Yun vd. (2011), “Biofuel Refinery Location and Supply Chain Planning under Traffic Congestion”, **Transportation Research Part B: Methodological**, 45(1), 162–175.
- Bairamzadeh, Samira vd. (2018), “Modelling Different Types of Uncertainty in Biofuel Supply Network Design and Planning: A Robust Optimization Approach”, **Renewable Energy**, 116, 500–517.
- Balaman, Şebnem Yılmaz vd. (2018), “Integrated Optimization of Sustainable Supply Chains and Transportation Networks for Multi Technology Bio-Based Production: A Decision Support System Based on Fuzzy  $\epsilon$ -Constraint Method”, **Journal of Cleaner Production**, 172, 2594–2617.
- Banguera, Leonardo A. vd. (2018), “Reverse Logistics Network Design under Extended Producer Responsibility: the Case of Out-Of-Use Tires in the Gran Santiago City of Chile”, **International Journal of Production Economics**, 205(February), 193–200.
- Barzinpour, Farnaz ve Taki, Peyman (2018), “A Dual-Channel Network Design Model in a Green Supply Chain Considering Pricing and Transportation Mode Choice”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 29(7), 1465–1483.
- Baş Güre, Seda vd. (2018), “Unaddressed Problems and Research Perspectives in Scheduling Blood Collection from Donors”, **Production Planning and Control**, 29(1), 84–90.
- Bashiri, Mahdi vd. (2012), “A New Approach to Tactical and Strategic Planning in Production-Distribution Networks”, **Applied Mathematical Modelling**, 36(4), 1703–1717.
- Baud-Lavigne, Bertrand vd. (2012), “Mutual Impacts of Product Standardization and Supply Chain Design”, **International Journal of Production Economics**, 135(1), 50–60.
- \_\_\_\_\_ (2014), “Environmental Constraints in Joint Product and Supply Chain Design Optimization”, **Computers and Industrial Engineering**, 76(1), 16–22.
- \_\_\_\_\_ (2016), “Simultaneous Product Family and Supply Chain Design: An Optimization Approach”, **International Journal of Production Economics**, 174, 111–118.
- Baumgartner, Kerstin vd. (2012), “Supply Chain Design Considering Economies of Scale and Transport Frequencies”, **European Journal of Operational Research**, 218(3), 789–800.
- Baykasoğlu, Adil ve Subulan, Kemal (2015), “An Analysis of Fully Fuzzy Linear Programming with Fuzzy Decision Variables Through Logistics Network Design Problem”, **Knowledge-Based**

- Systems**, 90, 165–184.
- Bazmi, Aqeel Ahmed vd. (2015), “Design of Decentralized Biopower Generation and Distribution System for Developing Countries”, **Journal of Cleaner Production**, 86, 209–220.
- Beliën, Jeroen ve Forcé, Hein (2012), “Supply Chain Management of Blood Products: A Literature Review”, **European Journal of Operational Research**, 217(1), 1–16.
- Bennekrouf, Mohammed vd. (2013), “A Generic Model for Network Design Including Remanufacturing Activities”, **Supply Chain Forum**, 14(2), 4–17.
- Bentahar, Omar vd. (2016), “Traceability Project of a Blood Supply Chain”, **Supply Chain Forum**, 17(1), 15–25.
- Bhaumik, Pradip K. (2015), “Supply Chain Network Design Based on Integration of Forward and Reverse Logistics”, **Global Business Review**, 16(4), 680–699.
- Bilgen, Bilge (2010), “Application of Fuzzy Mathematical Programming Approach to the Production Allocation and Distribution Supply Chain Network Problem”, **Expert Systems with Applications**, 37(6), 4488–4495.
- Blake, John vd. (2016), “Modelling a Blood Distribution Network in the Prairies with a Generic Simulation Framework”, **INFOR: Information Systems and Operational Research**, 53(4), 194–210.
- Blake, John ve Hardy, Matthew (2013), “Using Simulation to Evaluate a Blood Supply Network in the Canadian Maritime Provinces”, **Journal of Enterprise Information Management**, 26(1/2), 119–134.
- Boonyanusith, Wijai ve Jittamai, Phongchai (2018), “Blood Supply Chain Risk Management Using House of Risk Model”, **Walailak Journal of Science and Technology (WJST)**, 16(4).
- Bortolini, Marco vd. (2018), “Bi-Objective Design of Fresh Food Supply Chain Networks with Reusable and Disposable Packaging Containers”, **Journal of Cleaner Production**, 184, 375–388.
- Boukherroub, Tasseda vd. (2015), “An Integrated Approach for Sustainable Supply Chain Planning”, **Computers and Operations Research**, 54, 180–194.
- Branke, Jürgen (2002), **Evolutionary Optimization in Dynamic Environments**, Genetic Algorithms and Evolutionary Computation (C. 3) Springer US, Boston, MA.
- Briggs, Lynne vd. (2009), “RFID in the Blood Supply Chain: Increasing Productivity, Quality and Patient Safety By”, **Journal of Healthcare Information Management**, 23(4), 54–63.
- Brunaud, Braulio vd. (2017), “Efficient Formulations for Dynamic Warehouse Location under Discrete Transportation Costs”, **Computers and Chemical Engineering**, 111, 311–323.



- Bruno, Giuseppe vd. (2018), “Territorial Reorganization of Regional Blood Management Systems: Evidences from an Italian Case Study”, **Omega (United Kingdom)**, 0, 1–17.
- Butler, Renee J. vd. (2006), “Planning the Supply Chain Network for New Products: A Case Study”, **EMJ - Engineering Management Journal**, 18(2), 35–43.
- Canales-Bustos, Linda vd. (2017), “A Multi-Objective Optimization Model for the Design of an Effective Decarbonized Supply Chain in Mining”, **International Journal of Production Economics**, 193(August), 449–464.
- Candas, Mehmet Ferhat ve Kutanoglu, Erhan (2007), “Benefits of Considering Inventory in Service Parts Logistics Network Design Problems with Time-Based Service Constraints”, **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, 39(2), 159–176.
- Cardona-Valdés, Yajaira vd. (2011), “A Bi-Objective Supply Chain Design Problem with Uncertainty”, **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, 19(5), 821–832.
- Cardona-Valdés, Yajaira vd. (2014), “Metaheuristic Procedure for a Bi-Objective Supply Chain Design Problem with Uncertainty”, **Transportation Research Part B: Methodological**, 60, 66–84.
- Carle, Marc André vd. (2012), “The CAT Metaheuristic for the Solution of Multi-Period Activity-Based Supply Chain Network Design Problems”, **International Journal of Production Economics**, 139(2), 664–677.
- Carter, Jonathan N. (2003), “Introduction to Using Genetic Algorithms”, **Developments in Petroleum Science**, Volume 51 içinde (51–76), Elsevier.
- Castillo-Villar, Krystel K. vd. (2012), “The Impact of the Cost of Quality on Serial Supply-Chain Network Design”, **International Journal of Production Research**, 50(19), 5544–5566.
- Castillo-Villar, Krystel K. vd. (2017), “Integrating Biomass Quality Variability in Stochastic Supply Chain Modeling and Optimization for Large-Scale Biofuel Production”, **Journal of Cleaner Production**, 149, 904–918.
- Cavazzuti, Marco (2013), “Design of Experiments”, **Optimization Methods**, Volume 3 içinde (13–42), Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Chaabane, Amin vd. (2011), “Designing Supply Chains with Sustainability Considerations”, **Production Planning and Control**, 22(8), 727–741.
- \_\_\_\_\_ (2012), “Design of Sustainable Supply Chains under the Emission Trading Scheme”, **International Journal of Production Economics**, 135(1), 37–49.
- Chaiwuttisak, Pornpimol vd. (2016), “Location of Low-Cost Blood Collection and Distribution Centres in Thailand”, **Operations Research for Health Care**, 9, 7–15.
- Chan, Felix T. S. ve Kumar, Niraj (2009), “Effective Allocation of Customers to Distribution Centres:

- A Multiple Ant Colony Optimization Approach”, **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, 25(1), 1–12.
- Chandrasekaran, Manivannan ve Ranganathan, Rajesh (2017), “Modelling and Optimisation of Indian Traditional Agriculture Supply Chain to Reduce Post-Harvest Loss and CO<sub>2</sub> Emission”, **Industrial Management & Data Systems**, 117(9), 1817–1841.
- Chapman, J. F. ve Cook, R. (2002), “The Blood Stocks Management Scheme, a Partnership Venture Between the National Blood Service of England and North Wales and Participating Hospitals for Maximizing Blood Supply Chain Management”, **Vox Sanguinis**, 83(3), 239–246.
- Chari, Navin vd. (2016), “Design of a Reverse Logistics Network for Recyclable Collection in Nova Scotia Using Compaction Trailers”, **Infor**, 54(1), 1–18.
- Chatzikontidou, Anastasia vd. (2017), “Flexible Supply Chain Network Design under Uncertainty”, **Chemical Engineering Research and Design**, 128, 290–305.
- Chávez, Marcela María Morales vd. (2018), “Towards a Comprehensive Model of a Biofuel Supply Chain Optimization from Coffee Crop Residues”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 116(May), 136–162.
- Che, ZH vd. (2012), “Using Analytic Network Process and Turbo Particle Swarm Optimization Algorithm for Non-Balanced Supply Chain Planning Considering Supplier Relationship Management”, **Transactions of the Institute of Measurement and Control**, 34(6), 720–735.
- Che, Zhen Guo vd. (2009), “Cooperator Selection and Industry Assignment in Supply Chain Network with Line Balancing Technology”, **Expert Systems with Applications**, 36(7), 10381–10387.
- Chen, Cheng vd. (2017), “Regional Low-Carbon Timber Logistics Network Design and Management Using Multi-Objective Optimization”, **Journal of Forest Research**, 22(6), 354–362.
- Chen, Chien Wei ve Fan, Yueyue (2012), “Bioethanol Supply Chain System Planning under Supply and Demand Uncertainties”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 48(1), 150–164.
- Chen, Huey Kuo vd. (2009), “Production Scheduling and Vehicle Routing with Time Windows for Perishable Food Products”, **Computers and Operations Research**, 36(7), 2311–2319.
- Chen, Kuei-Hsien vd. (2009), “Design of Supply Chain Networks with Multi-Phased Discount Price and Service Level: Formulation, Complexity, and Algorithm”, **Journal of Information and Optimization Sciences**, 30(2), 311–334.
- Chen, Yi Wen vd. (2017), “A Particle Swarm Approach for Optimizing a Multi-Stage Closed Loop Supply Chain for the Solar Cell Industry”, **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, 43, 111–123.
- Cheng, Chun vd. (2018), “A Two-Stage Robust Approach for the Reliable Logistics Network Design

- Problem”, **Transportation Research Part B: Methodological**, 111, 185–202.
- Cheng, Xinxuan vd. (2018), “Global Supply Chain Network Design Problem with Rules of Origin and Limited Import Quotas”, **Kybernetes**, K--10--2017--0394.
- Cheraghi, Sara vd. (2016), “A Robust Optimization Model for Blood Supply Chain Network Design”, **International Journal of Industrial Engineering & Production Research**, 27(4), 425–444.
- Cheraghi, Sara ve Hosseini-Motlagh, Seyyed Mahdi (2017), “Optimal Blood Transportation in Disaster Relief Considering Facility Disruption and Route Reliability under Uncertainty”, **International Journal of Transportation Engineering**, 4(3), 225–254.
- 
- (2018), “Responsive and Reliable Injured-Oriented Blood Supply Chain for Disaster Relief: A Real Case Study”, **Annals of Operations Research**, 1–39.
- Chiu, Ming Chuan ve Okudan, Gül (2014), “An Investigation on the Impact of Product Modularity Level on Supply Chain Performance Metrics: An Industrial Case Study”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 25(1), 129–145.
- 
- (2014), “An Investigation on Centralized and Decentralized Supply Chain Scenarios at the Product Design Stage to Increase Performance”, **IEEE Transactions on Engineering Management**, 61(1), 114–128.
- Choi, Jaemin vd. (2005), “Stochastic Dynamic Programming with Localized Cost-To-Go Approximators: Application to Large Scale Supply Chain Management under Demand Uncertainty”, **Chemical Engineering Research and Design**, 83(6 A), 752–758.
- Chopra, Sunil ve Meindl, Peter (2007), **Supply Chain Management**, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Chu, L. K. vd. (2010), “Fuzzy Chance-Constrained Programming Model for a Multi-Echelon Reverse Logistics Network for Household Appliances”, **Journal of the Operational Research Society**, 61(4), 551–560.
- Chung, Sai Ho vd. (2018), “Maximizing Recyclability and Reuse of Tertiary Packaging in Production and Distribution Network”, **Resources, Conservation and Recycling**, 128, 259–266.
- Clay, Nigel M. vd. (2018), “On the Volatility of Blood Inventories”, **International Transactions in Operational Research**, 25(1), 215–242.
- Cohen, Morris A. vd. (1981), “Regionalization Of Blood Banking Services”, Robert C. Hubbell (Ed.), **The Management and Logistics of Blood Banking**, National Institutes of Health, Denver, Colorado, 201–238.
- Colicchia, Claudia vd. (2016), “Eco-Efficient Supply Chain Networks: Development of a Design Framework and Application to a Real Case Study”, **Production Planning and Control**, 27(3), 157–168.

- Cooper, Martha C. vd. (1997), "Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics", the **International Journal of Logistics Management**, 8(1), 1–14.
- Correia, Isabel vd. (2013), "Comparing Classical Performance Measures for a Multi-Period, Two-Echelon Supply Chain Network Design Problem with Sizing Decisions", **Computers and Industrial Engineering**, 64(1), 366–380.
- Corsano, Gabriela ve Montagna, Jorge M (2011), "Mathematical Modeling for Simultaneous Design of Plants and Supply Chain in the Batch Process Industry", **Computers and Chemical Engineering**, 35(1), 149–164.
- Cortinhal, Maria João vd. (2015), "Dynamic Design and Re-Design of Multi-Echelon, Multi-Product Logistics Networks with Outsourcing Opportunities: A Computational Study", **Computers and Industrial Engineering**, 90, 118–131.
- \_\_\_\_\_ (2019), "A Multi-Stage Supply Chain Network Design Problem with In-House Production and Partial Product Outsourcing", **Applied Mathematical Modelling**, 70, 572–594.
- Coskun, Semih vd. (2016), "A Model Proposal for Green Supply Chain Network Design Based on Consumer Segmentation", **Journal of Cleaner Production**, 110, 149–157.
- Costa, Antonio vd. (2010), "A New Efficient Encoding/Decoding Procedure for the Design of a Supply Chain Network with Genetic Algorithms", **Computers and Industrial Engineering**, 59(4), 986–999.
- Costa, Yasel vd. (2018), "A Decisional Simulation-Optimization Framework for Sustainable Facility Location of a Biodiesel Plant in Colombia", **Journal of Cleaner Production**, 167, 174–191.
- Creazza, Alessandro vd. (2012), "Applying an Integrated Logistics Network Design and Optimisation Model: the Pirelli Tyre Case", **International Journal of Production Research**, 50(11), 3021–3038.
- Cruz-Rivera, Reynaldo ve Ertel, Jürgen (2009), "Reverse Logistics Network Design for the Collection of End-Of-Life Vehicles in Mexico", **European Journal of Operational Research**, 196(3), 930–939.
- Cui, Jianxun vd. (2016), "Reliable Design of an Integrated Supply Chain with Expedited Shipments under Disruption Risks", **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 95, 143–163.
- Cui, Yan Yan vd. (2017), "Close Loop Supply Chain Network Problem with Uncertainty in Demand and Returned Products: Genetic Artificial Bee Colony Algorithm Approach", **Journal of Cleaner Production**, 162, 717–742.
- Da Silveira Farias, Everton vd. (2017), "Simple Heuristic for the Strategic Supply Chain Design of

- Large-Scale Networks: A Brazilian Case Study”, **Computers and Industrial Engineering**, 113, 746–756.
- Dai, Zhuo (2016), “Multi-Objective Fuzzy Design of Closed-Loop Supply Chain Network Considering Risks and Environmental Impact”, **Human and Ecological Risk Assessment**, 22(4), 845–873.
- Dai, Zhuo vd. (2018), “A Location-Inventory Supply Chain Network Model Using Two Heuristic Algorithms for Perishable Products with Fuzzy Constraints”, **Computers and Industrial Engineering**, 119(April), 338–352.
- Dai, Zhuo ve Dai, Hong-mei (2016), “Bi-Objective Closed-Loop Supply Chain Network Design with Risks in a Fuzzy Environment”, **Journal of Industrial and Production Engineering**, 33(3), 169–180.
- Dai, Zhuo ve Li, Zaiyue (2017), “Design of a Dynamic Closed-Loop Supply Chain Network Using Fuzzy Bi-Objective Linear Programming Approach”, **Journal of Industrial and Production Engineering**, 34(5), 330–343.
- Darvish, Maryam vd. (2016), “A Dynamic Multi-Plant Lot-Sizing and Distribution Problem”, **International Journal of Production Research**, 54(22), 6707–6717.
- Das, Kanchan ve Sengupta, Sankar (2009), “A Hierarchical Process Industry Production-Distribution Planning Model”, **International Journal of Production Economics**, 117(2), 402–419.
- David, Amy vd. (2015), “USG Uses Stochastic Optimization to Lower Distribution Costs”, **Interfaces**, 45(3), 216–227.
- Dayhim, Muhammad vd. (2014), “Planning Sustainable Hydrogen Supply Chain Infrastructure with Uncertain Demand”, **International Journal of Hydrogen Energy**, 39(13), 6789–6801.
- De Matta, Renato ve Miller, Tan (2015), “Formation of a Strategic Manufacturing and Distribution Network with Transfer Prices”, **European Journal of Operational Research**, 241(2), 435–448.
- De Rosa, Vincenzo vd. (2013), “Robust Sustainable Bi-Directional Logistics Network Design under Uncertainty”, **International Journal of Production Economics**, 145(1), 184–198.
- Deb, Kalyanmoy (2004), “Introduction to Genetic Algorithms for Engineering Optimization”, **New Optimization Techniques in Engineering**, Volume 141 içinde (13–51), Springer, Berlin, Heidelberg.
- Dehghan, Ehsan vd. (2018), “Hybrid Robust, Stochastic and Possibilistic Programming for Closed-Loop Supply Chain Network Design”, **Computers and Industrial Engineering**, 123(May), 220–231.
- Dehghani, Ehsan vd. (2018), “Robust Design and Optimization of Solar Photovoltaic Supply Chain

- in an Uncertain Environment”, **Energy**, 142(x), 139–156.
- Dehghani, Maryam ve Abbasi, Babak (2018), “An Age-Based Lateral-Transshipment Policy for Perishable Items”, **International Journal of Production Economics**, 198(January 2017), 93–103.
- Delen, Dursun vd. (2011), “Better Management of Blood Supply-Chain with GIS-Based Analytics”, **Annals of Operations Research**, 185(1), 181–193.
- Deutsch, Yael ve Golany, Boaz (2018), “A Parcel Locker Network as a Solution to the Logistics Last Mile Problem”, **International Journal of Production Research**, 56(1–2), 251–261.
- Diabat, Ali vd. (2017), “Incorporating Location and Inventory Decisions Into a Supply Chain Design Problem with Uncertain Demands and Lead Times”, **Journal of Manufacturing Systems**, 43, 139–149.
- Diabat, Ali vd. (2018), “A Perishable Product Supply Chain Network Problem with Reliability and Disruption Considerations”, **International Journal of Production Economics**, 212(June 2018), 125–138.
- Díaz-Madroño, Manuel vd. (2014), “A Fuzzy Optimization Approach for Procurement Transport Operational Planning in an Automobile Supply Chain”, **Applied Mathematical Modelling**, 38(23), 5705–5725.
- Dilaver, Halit Metehan (2018), **A Mathematical Modeling Approach for Managing Regional Blood Bank Operations**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bilkent Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dillon, Mary vd. (2017), “A Two-Stage Stochastic Programming Model for Inventory Management in the Blood Supply Chain”, **International Journal of Production Economics**, 187(May 2016), 27–41.
- Doolun, Ian Shivraj vd. (2018), “Data Driven Hybrid Evolutionary Analytical Approach for Multi Objective Location Allocation Decisions: Automotive Green Supply Chain Empirical Evidence”, **Computers and Operations Research**, 98, 265–283.
- Dorrington, Scott ve Olsen, John (2019), “A Location-Routing Problem for the Design of an Asteroid Mining Supply Chain Network”, **Acta Astronautica**, 157(May 2017), 350–373.
- Dotoli, Mariagrazia vd. (2017), “A Fuzzy Technique for Supply Chain Network Design with Quantity Discounts”, **International Journal of Production Research**, 55(7), 1862–1884.
- Duan, Qinglin ve Liao, T Warren (2014), “Optimization of Blood Supply Chain with Shortened Shelf Lives and ABO Compatibility”, **International Journal of Production Economics**, 153, 113–129.
- Dudek, Gregor ve Stadtler, Hartmut (2005), “Negotiation-Based Collaborative Planning Between

- Supply Chains Partners”, **European Journal of Operational Research**, 163(3), 668–687.
- Dünya Sağlık Örgütü (2019), “Blood Safety and Availability”, <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/blood-safety-and-availability> (22.03.2019).
- Elhedhli, Samir ve Gzara, Fatma (2008), “Integrated Design of Supply Chain Networks with Three Echelons, Multiple Commodities and Technology Selection”, **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, 40(1), 31–44.
- Elhedhli, Samir ve Merrick, Ryan (2012), “Green Supply Chain Network Design to Reduce Carbon Emissions”, **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, 17(5), 370–379.
- Ensafian, Hamidreza vd. (2017), “Raising Quality and Safety of Platelet Transfusion Services in a Patient-Based Integrated Supply Chain under Uncertainty”, **Computers and Chemical Engineering**, 106, 355–372.
- Eppen, Gary D. (1979), “Note—Effects of Centralization on Expected Costs in a Multi-Location Newsboy Problem”, **Management Science**, 25(5), 498–501.
- Escudero, Laureano F. vd. (2018), “On the Time-Consistent Stochastic Dominance Risk Averse Measure for Tactical Supply Chain Planning under Uncertainty”, **Computers and Operations Research**, 100, 270–286.
- Eskandari-Khanghahi, Marzieh vd. (2018), “Designing and Optimizing a Sustainable Supply Chain Network for a Blood Platelet Bank under Uncertainty”, **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, 71(March), 236–250.
- Eskandarpour, Majid vd. (2013), “A Parallel Variable Neighborhood Search for the Multi-Objective Sustainable Post-Sales Network Design Problem”, **International Journal of Production Economics**, 145(1), 117–131.
- Eskandarpour, Majid vd. (2017), “A Large Neighborhood Search Heuristic for Supply Chain Network Design”, **Computers and Operations Research**, 80, 23–37.
- Ezzati, Fatemeh vd. (2018), “Optimization of Multimodal, Multi-Period and Complex Biodiesel Supply Chain Systems: Case Study”, **Renewable Energy Focus**, 26(September), 81–92.
- Fahimnia, Behnam vd. (2013), “Supply Chain Planning for a Multinational Enterprise: A Performance Analysis Case Study”, **International Journal of Logistics Research and Applications**, 16(5), 349–366.
- Fahimnia, Behnam vd. (2017), “Supply Chain Design for Efficient and Effective Blood Supply in Disasters”, **International Journal of Production Economics**, 183, 700–709.
- Fahimnia, Behnam vd. (2018), “Planning of Complex Supply Chains: A Performance Comparison of Three Meta-Heuristic Algorithms”, **Computers and Operations Research**, 89, 241–252.

- Fahimnia, Behnam ve Jabbarzadeh, Armin (2016), “Marrying Supply Chain Sustainability and Resilience: A Match Made in Heaven”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 91, 306–324.
- Fallah-Tafti, Alireza vd. (2014), “An Interactive Possibilistic Programming Approach for a Multi-Objective Closed-Loop Supply Chain Network under Uncertainty”, **International Journal of Systems Science**, 45(3), 283–299.
- Farahani, Reza Zanjirani vd. (2014), “Competitive Supply Chain Network Design: An Overview of Classifications, Models, Solution Techniques and Applications”, **Omega (United Kingdom)**, 45, 92–118.
- Farrokh, Mojtaba vd. (2017), “A Novel Robust Fuzzy Stochastic Programming for Closed Loop Supply Chain Network Design under Hybrid Uncertainty”, **Fuzzy Sets and Systems**, 1, 1–23.
- Fathian, Mohammad vd. (2018), “Location and Transportation Planning in Supply Chains under Uncertainty and Congestion as Using an Improved Electromagnetism-Like Algorithm”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 29(7), 1447–1464.
- Fattahi, Mohammad vd. (2016), “Integrated Strategic and Tactical Supply Chain Planning with Price-Sensitive Demands”, **Annals of Operations Research**, 242(2), 423–456.
- Fattahi, Mohammad vd. (2015), “Dynamic Supply Chain Network Design with Capacity Planning and Multi-Period Pricing”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 81, 169–202.
- Fattahi, Mohammad vd. (2017), “Responsive and Resilient Supply Chain Network Design under Operational and Disruption Risks with Delivery Lead-Time Sensitive Customers”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 101, 176–200.
- \_\_\_\_\_ (2018), “A Multi-Stage Stochastic Program for Supply Chain Network Redesign Problem with Price-Dependent Uncertain Demands”, **Computers and Operations Research**, 100, 314–332.
- Fattahi, Mohammad ve Govindan, Kannan (2017), “Integrated Forward/Reverse Logistics Network Design under Uncertainty with Pricing for Collection of Used Products”, **Annals of Operations Research**, 253(1), 193–225.
- Fazili, Mehran vd. (2017), “Physical Internet, Conventional and Hybrid Logistic Systems: A Routing Optimisation-Based Comparison Using the Eastern Canada Road Network Case Study”, **International Journal of Production Research**, 55(9), 2703–2730.
- Fazli-Khalaf, Mohamadreza vd. (2017), “Mixed Robust Possibilistic Flexible Chance Constraint Optimization Model for Emergency Blood Supply Chain Network Design”, **Annals of Operations Research**, 1–31.



- Fazlollahtabar, Hamed vd. (2013), “Applying Fuzzy Mathematical Programming Approach to Optimize a Multiple Supply Network in Uncertain Condition with Comparative Analysis”, **Applied Soft Computing Journal**, 13(1), 550–562.
- Feitó-Cespón, Michael vd. (2017), “Redesign of a Sustainable Reverse Supply Chain under Uncertainty A Case Study”, **Journal of Cleaner Production**, 151, 206–217.
- Feng, Yan vd. (2008), “The Value of Sales and Operations Planning in Oriented Strand Board Industry with Make-To-Order Manufacturing System: Cross Functional Integration under Deterministic Demand and Spot Market Recourse”, **International Journal of Production Economics**, 115(1), 189–209.
- Fereiduni, Meysam ve Shahanaghi, Kamran (2016), “A Robust Optimization Model for Blood Supply Chain in Emergency Situations”, **International Journal of Industrial Engineering Computations**, 7(4), 535–554.
- Ferri, Giovane Lopes vd. (2015), “Reverse Logistics Network for Municipal Solid Waste Management: the Inclusion of Waste Pickers as a Brazilian Legal Requirement”, **Waste Management**, 40, 173–191.
- Fiorencio, Luiza vd. (2015), “Investment Planning in the Petroleum Downstream Infrastructure”, **International Transactions in Operational Research**, 22(2), 339–362.
- Fortsch, Sima M. ve Perera, Sandun (2018), “A Resilient Donor Arrival Policy for Blood”, **Operations Research for Health Care**, 19, 165–174.
- Fransa Ulusal Kan Merkezi (2019), “France - European Blood Alliance”, <https://europeanbloodalliance.eu/country/france> (21.03.2019).
- Frias, Luiz Felipe vd. (2014), “Tax-Related Aspects of Logistics Network Planning: A Case Study in the Brazilian Petrochemical Industry”, **International Journal of Logistics Research and Applications**, 17(2), 114–135.
- Frota Neto, Joao Quariguasi vd. (2008), “Designing and Evaluating Sustainable Logistics Networks”, **International Journal of Production Economics**, 111(2), 195–208.
- Funaki, Kenichi (2012), “Strategic Safety Stock Placement in Supply Chain Design with Due-Date Based Demand”, **International Journal of Production Economics**, 135(1), 4–13.
- Gao, Jingzhe vd. (2018), “Green Supply Chain Planning Considering Consumer’s Transportation Process”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 109(December 2017), 311–330.
- Gaonkar, Roshan S. ve Viswanadham, Nukala (2005), “Strategic Sourcing and Collaborative Planning in Internet-Enabled Supply Chain Networks Producing Multigeneration Products”, **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, 2(1), 54–66.

- 
- (2007), “Analytical Framework for the Management of Risk in Supply Chains”, **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, 4(2), 265–273.
- García-Flores, Rodolfo vd. (2015), “A Novel Facility and Equipment Selection Model for Whey Utilisation: A Brazilian Case Study”, **Computers and Electronics in Agriculture**, 117, 127–140.
- Gaur, Saurabh ve Ravindran, Arunachalam Ravi (2006), “A Bi-Criteria Model for the Inventory Aggregation Problem under Risk Pooling”, **Computers and Industrial Engineering**, 51(3), 482–501.
- Gen, Mitsuo vd. (2018), “Recent Advances in Hybrid Priority-Based Genetic Algorithms for Logistics and SCM Network Design”, **Computers and Industrial Engineering**, 125(September), 394–412.
- Gen, Mitsuo ve Cheng, Runwei (2000), **Genetic Algorithms and Engineering Optimization**, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Genin, P. vd. (2008), “Multi-Facilities Tactical Planning Robustness with Experimental Design”, **Production Planning and Control**, 19(2), 171–182.
- Ghaffari-Nasab, Nader vd. (2016), “Hub-And-Spoke Logistics Network Design for Third Party Logistics Service Providers”, **International Journal of Management Science and Engineering Management**, 11(1), 49–61.
- Ghahremani-Nahr, Javid vd. (2019), “A Robust Fuzzy Mathematical Programming Model for the Closed-Loop Supply Chain Network Design and a Whale Optimization Solution Algorithm”, **Expert Systems with Applications**, 116, 454–471.
- Ghandforoush, Parviz ve Sen, Tarun K (2010), “A DSS to Manage Platelet Production Supply Chain for Regional Blood Centers”, **Decision Support Systems**, 50(1), 32–42.
- Ghatreh Samani, Mohammad Reza vd. (2018), “Integrated Blood Supply Chain Planning for Disaster Relief”, **International Journal of Disaster Risk Reduction**, 27(October 2017), 168–188.
- Ghelichi, Zabih vd. (2018), “A Stochastic Programming Approach Toward Optimal Design and Planning of an Integrated Green Biodiesel Supply Chain Network under Uncertainty: A Case Study”, **Energy**, 156, 661–687.
- Ghodratnama, Ali vd. (2015), “Robust and Fuzzy Goal Programming Optimization Approaches for a Novel Multi-Objective Hub Location-Allocation Problem: A Supply Chain Overview”, **Applied Soft Computing Journal**, 37, 255–276.
- Gholamian, Mohammad Reza ve Taghazadeh, Abdul Hakim (2017), “Integrated Network Design of Wheat Supply Chain: A Real Case of Iran”, **Computers and Electronics in Agriculture**,

140, 139–147.

- Gjerdrum, Jonatan vd. (2002), “Fair Transfer Price and Inventory Holding Policies in Two-Enterprise Supply Chains”, **European Journal of Operational Research**, 143(3), 582–599.
- Gjerdrum, Jonatan vd. (2005), “Optimisation of Policy Parameters in Supply Chain Applications”, **International Journal of Logistics: Research & Applications**, 8(1), 15–36.
- Göçmen, Elifcan (2014), **Kan Bankaları Yerleşim Ve Rotalama Problemi Çözüm Yaklaşımları**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gokhan, Nuri Mehmet vd. (2010), “Development of a Simultaneous Design for Supply Chain Process for the Optimization of the Product Design and Supply Chain Configuration Problem”, **EMJ - Engineering Management Journal**, 22(4), 20–30.
- Goldberg, David E. (1989), **Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning**, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Govindan, Kannan vd. (2014), “Two-Echelon Multiple-Vehicle Location-Routing Problem with Time Windows for Optimization of Sustainable Supply Chain Network of Perishable Food”, **International Journal of Production Economics**, 152, 9–28.
- Govindan, Kannan vd. (2015), “Bi-Objective Integrating Sustainable Order Allocation and Sustainable Supply Chain Network Strategic Design with Stochastic Demand Using a Novel Robust Hybrid Multi-Objective Metaheuristic”, **Computers and Operations Research**, 62, 112–130.
- \_\_\_\_\_ (2019), “Designing a Sustainable Supply Chain Network Integrated with Vehicle Routing: A Comparison of Hybrid Swarm Intelligence Metaheuristics”, **Computers and Operations Research**, 110, 220–235.
- Govindan, Kannan ve Fattahi, Mohammad (2017), “Investigating Risk and Robustness Measures for Supply Chain Network Design under Demand Uncertainty: A Case Study of Glass Supply Chain”, **International Journal of Production Economics**, 183, 680–699.
- Grant, David B. (2010), “Integration of Supply and Marketing for a Blood Service”, **Management Research Review**, 33(2), 123–133.
- Grigoroudis, Evangelos vd. (2014), “RDEA: A Recursive DEA Based Algorithm for the Optimal Design of Biomass Supply Chain Networks”, **Renewable Energy**, 71, 113–122.
- Guazzelli, Cauê Sauter ve Cunha, Claudio B. (2018), “Exploring K-Best Solutions to Enrich Network Design Decision-Making”, **Omega (United Kingdom)**, 78, 139–164.
- Guerrero, W. J. vd. (2015), “A Relax-And-Price Heuristic for the Inventory-Location-Routing Problem”, **International Transactions in Operational Research**, 22(1), 129–148.
- Gumus, Alev Taskin vd. (2009), “Supply Chain Network Design Using an Integrated Neuro-Fuzzy

- and MILP Approach: A Comparative Design Study”, **Expert Systems with Applications**, 36(10), 12570–12577.
- Gunnarsson, Helene ve Rönnqvist, Mikael (2008), “Solving a Multi-Period Supply Chain Problem for a Pulp Company Using Heuristics-An Application to Södra Cell AB”, **International Journal of Production Economics**, 116(1), 75–94.
- Gunpinar, Serkan ve Centeno, Grisselle (2015), “Stochastic Integer Programming Models for Reducing Wastages and Shortages of Blood Products at Hospitals”, **Computers and Operations Research**, 54, 129–141.
- Guo, Chunxiang vd. (2015), “The Research on Optimization of Auto Supply Chain Network Robust Model under Macroeconomic Fluctuations”, **Chaos, Solitons and Fractals**, 89, 105–114.
- Guo, Jianquan vd. (2017), “Forward and Reverse Logistics Network and Route Planning under the Environment of Low-Carbon Emissions: A Case Study of Shanghai Fresh Food E-Commerce Enterprises”, **Computers and Industrial Engineering**, 106, 351–360.
- Guo, Yuhan vd. (2018), “A Distributed Approximation Approach for Solving the Sustainable Supply Chain Network Design Problem”, **International Journal of Production Research**, 0(0), 1–24.
- Gupta, Anshuman vd. (2000), “Mid-Term Supply Chain Planning under Demand Uncertainty: Customer Demand Satisfaction and Inventory Management”, **Computers and Chemical Engineering**, 24(12), 2613–2621.
- Gzara, Fatma vd. (2014), “Linear Location-Inventory Models for Service Parts Logistics Network Design”, **Computers and Industrial Engineering**, 69(1), 53–63.
- Habibi-Kouchaksaraei, Mitra vd. (2018), “Designing a Bi-Objective Multi-Echelon Robust Blood Supply Chain in a Disaster”, **Applied Mathematical Modelling**, 55, 583–599.
- Hamad, Ricardo ve Fares Gualda, Nicolau Dionísio (2014), “Global Sourcing Approach to Improve Cash Flow of Agribusiness Companies in Brazil”, **Interfaces**, 44(3), 317–328.
- Hamdan, Bayan ve Diabat, Ali (2019), “A Two-Stage Multi-Echelon Stochastic Blood Supply Chain Problem”, **Computers and Operations Research**, 101, 130–143.
- Hammami, Ramzi vd. (2009), “A Strategic-Tactical Model for the Supply Chain Design in the Delocalization Context: Mathematical Formulation and a Case Study”, **International Journal of Production Economics**, 122(1), 351–365.
- Hammami, Ramzi vd. (2017), “Supply Chain Design to Guarantee Quoted Lead Time and Inventory Replenishment: Model and Insights”, **International Journal of Production Research**, 55(12), 3431–3450.
- Hammami, Ramzi ve Frein, Yannick (2013), “An Optimisation Model for the Design of Global

- Multi-Echelon Supply Chains under Lead Time Constraints”, **International Journal of Production Research**, 51(9), 2760–2775.
- \_\_\_\_\_ (2014), “Integration of the Profit-Split Transfer Pricing Method in the Design of Global Supply Chains with a Focus on Offshoring Context”, **Computers and Industrial Engineering**, 76, 243–252.
- Hamta, Nima vd. (2016), “A Bi-Level Programming Model for Supply Chain Network Optimization with Assembly Line Balancing and Push-Pull Strategy”, **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, 230(6), 1127–1143.
- Hamta, Nima vd. (2015), “Supply Chain Network Optimization Considering Assembly Line Balancing and Demand Uncertainty”, **International Journal of Production Research**, 53(10), 2970–2994.
- Hasani, Aliakbar vd. (2012), “Robust Closed-Loop Supply Chain Network Design for Perishable Goods in Agile Manufacturing under Uncertainty”, **International Journal of Production Research**, 50(16), 4649–4669.
- \_\_\_\_\_ (2015), “Robust Closed-Loop Global Supply Chain Network Design under Uncertainty: the Case of the Medical Device Industry”, **International Journal of Production Research**, 53(5), 1596–1624.
- Hasani, Aliakbar ve Khosrojerdi, Amirhossein (2016), “Robust Global Supply Chain Network Design under Disruption and Uncertainty Considering Resilience Strategies: A Parallel Memetic Algorithm for a Real-Life Case Study”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 87, 20–52.
- Haslenda, Hashim ve Jamaludin, M. Z. (2011), “Industry to Industry By-Products Exchange Network Towards Zero Waste in Palm Oil Refining Processes”, **Resources, Conservation and Recycling**, 55(7), 713–718.
- Hatefi, Seyed Morteza ve Jolai, Fariborz (2014), “Robust and Reliable Forward-Reverse Logistics Network Design under Demand Uncertainty and Facility Disruptions”, **Applied Mathematical Modelling**, 38(9–10), 2630–2647.
- Haupt, Randy L. ve Haupt, Sue Ellen (2003), **Practical Genetic Algorithms**, (2nd bs.) John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- He, Junliang vd. (2015), “Simulation-Based Heuristic Method for Container Supply Chain Network Optimization”, **Advanced Engineering Informatics**, 29(3), 339–354.
- Heidari-Fathian, Hassan ve Pasandideh, Seyed Hamid Reza (2017), “Modeling and Solving a Blood Supply Chain Network: An Approach for Collection of Blood”, **International Journal of Supply and Operations Management**, 4(2), 158–166.

- 
- (2018), “Green-Blood Supply Chain Network Design: Robust Optimization, Bounded Objective Function & Lagrangian Relaxation”, **Computers and Industrial Engineering**, 122(May), 95–105.
- Hiremath, N. C. vd. (2013), “Multi Objective Outbound Logistics Network Design for a Manufacturing Supply Chain”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 24(6), 1071–1084.
- Hjaila, Kefah vd. (2016), “Optimal Integration of Third-Parties in a Coordinated Supply Chain Management Environment”, **Computers and Chemical Engineering**, 86, 48–61.
- Hoai An, Le Thi vd. (2007), “A Continuous DC Programming Approach to the Strategic Supply Chain Design Problem from Qualified Partner Set”, **European Journal of Operational Research**, 183(3), 1001–1012.
- Hong, Jae-Dong vd. (2015), “Emergency Relief Supply Chain Design and Trade-Off Analysis”, **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, 5(2), 162–187.
- Hosseiniard, Zahra ve Abbasi, Babak (2018), “The Inventory Centralization Impacts on Sustainability of the Blood Supply Chain”, **Computers & Operations Research**, 89, 206–212.
- Hsu, Chaug Ing ve Li, Hui Chieh (2009), “An Integrated Plant Capacity and Production Planning Model for High-Tech Manufacturing Firms with Economies of Scale”, **International Journal of Production Economics**, 118(2), 486–500.
- 
- (2011), “Reliability Evaluation and Adjustment of Supply Chain Network Design with Demand Fluctuations”, **International Journal of Production Economics**, 132(1), 131–145.
- Huang, Edward ve Goetschalckx, Marc (2014), “Strategic Robust Supply Chain Design Based on the Pareto-Optimal Tradeoff Between Efficiency and Risk”, **European Journal of Operational Research**, 237(2), 508–518.
- Huang, Simin vd. (2009), “Simultaneous Siting and Sizing of Distribution Centers on a Plane”, **Annals of Operations Research**, 167(1), 157–170.
- Hugo, Andre ve Pistikopoulos, E. N. (2005), “Environmentally Conscious Long-Range Planning and Design of Supply Chain Networks”, **Journal of Cleaner Production**, 13(15), 1428–1448.
- Hugo, André vd. (2005), “Hydrogen Infrastructure Strategic Planning Using Multi-Objective Optimization”, **International Journal of Hydrogen Energy**, 30(15), 1523–1534.
- Hugos, Michael H. (2018), **Essentials of Supply Chain Management**, 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Ioannou, George vd. (2004), “Inventory Positioning in Multiple Product Supply Chains”, **Annals of Operations Research**, 126(1–4), 195–213.
- Ioannou, George (2005), “Streamlining the Supply Chain of the Hellenic Sugar Industry”, **Journal**

- of **Food Engineering**, 70(3), 323–332.
- Ivanov, Dmitry vd. (2016), “Disruption-Driven Supply Chain (Re)-Planning and Performance Impact Assessment with Consideration of Pro-Active and Recovery Policies”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 90, 7–24.
- J.-Sharahi, Sarah vd. (2018), “Type-II Fuzzy Multi-Product, Multi-Level, Multi-Period Location–Allocation, Production–Distribution Problem in Supply Chains: Modelling and Optimisation Approach”, **Fuzzy Information and Engineering**, 10(2), 260–283.
- Jabbarzadeh, Armin vd. (2014), “Dynamic Supply Chain Network Design for the Supply of Blood in Disasters: A Robust Model with Real World Application”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 70(1), 225–244.
- Jabbarzadeh, Armin vd. (2016), “Designing a Supply Chain Resilient to Major Disruptions and Supply/Demand Interruptions”, **Transportation Research Part B: Methodological**, 94, 121–149.
- Jabbarzadeh, Armin vd. (2019), “Green and Resilient Design of Electricity Supply Chain Networks: A Multiobjective Robust Optimization Approach”, **IEEE Transactions on Engineering Management**, 66(1), 52–72.
- Jabbarzadeh, Armin, Fahimnia, Behnam, vd. (2018), “Resilient and Sustainable Supply Chain Design: Sustainability Analysis under Disruption Risks”, **International Journal of Production Research**, 56(17), 5945–5968.
- Jabbarzadeh, Armin, Haughton, Michael, vd. (2018), “Closed-Loop Supply Chain Network Design under Disruption Risks: A Robust Approach with Real World Application”, **Computers and Industrial Engineering**, 116(August 2017), 178–191.
- Jacobson, Lee ve Kanber, Burak (2015), “Introduction”, **Genetic Algorithms in Java Basics**, Volume 41 *içinde* (1–19), Apress, Berkeley, CA.
- Jahani, Hamed vd. (2018), “Supply Chain Network Redesign with Demand and Price Uncertainty”, **International Journal of Production Economics**, 205(September 2017), 287–312.
- Jamshidi, Rasoul vd. (2012), “Multi-Objective Green Supply Chain Optimization with a New Hybrid Memetic Algorithm Using the Taguchi Method”, **Scientia Iranica**, 19(6), 1876–1886.
- \_\_\_\_\_ (2015), “Flexible Supply Chain Optimization with Controllable Lead Time and Shipping Option”, **Applied Soft Computing Journal**, 30, 26–35.
- Jang, Yang-Ja vd. (2002), “A Combined Model of Network Design and Production/Distribution Planning for a Supply Network”, **Computers & Industrial Engineering**, 43, 263–281.
- Japon Kızıllaç (2019), “Blood Services 2018: Japanese Red Cross Society”, [http://www.jrc.or.jp/english/pdf/Blood\\_Services\\_2018\\_web.pdf](http://www.jrc.or.jp/english/pdf/Blood_Services_2018_web.pdf) (22.03.2019).

- Jerbia, Rim vd. (2018), “A Stochastic Closed-Loop Supply Chain Network Design Problem with Multiple Recovery Options”, **Computers and Industrial Engineering**, 118(June 2017), 23–32.
- Jiang, Weiwen vd. (2017), “Efficient Assignment Algorithms to Minimize Operation Cost for Supply Chain Networks in Agile Manufacturing”, **Computers and Industrial Engineering**, 108, 225–239.
- Jin, Mingzhou vd. (2014), “The Impact of Carbon Policies on Supply Chain Design and Logistics of a Major Retailer”, **Journal of Cleaner Production**, 85, 453–461.
- Jin, Tongdan vd. (2017), “A Zero-Carbon Supply Chain Model : Minimising Levelised Cost of Onsite Renewable Generation”, **Supply Chain Forum: An International Journal**, 00(00), 1–11.
- Jokar, Abbas ve Hosseini-Motlagh, Seyyed-Mahdi (2015), “Impact of Capacity of Mobile Units on Blood Supply Chain Performance : Results from a Robust Analysis”, **International Journal of Hospital Research**, 4(3), 101–105.
- Jones, Gareth vd. (1994), “An Introduction to Genetic Algorithms and to Their Use in Information Retrieval”, **Online and CD-Rom Review**, 18(1), 3–13.
- Jouzani, Javid vd. (2013), “Dynamic Dairy Facility Location and Supply Chain Planning under Traffic Congestion and Demand Uncertainty: A Case Study of Tehran”, **Applied Mathematical Modelling**, 37(18–19), 8467–8483.
- Jung, Hosang, Chen, F. Frank, vd. (2008), “Decentralized Supply Chain Planning Framework for Third Party Logistics Partnership”, **Computers and Industrial Engineering**, 55(2), 348–364.
- Jung, Hosang, Jeong, Bongju, vd. (2008), “An Order Quantity Negotiation Model for Distributor-Driven Supply Chains”, **International Journal of Production Economics**, 111(1), 147–158.
- Jung, Hosang ve Jeong, Suk-Jae (2012), “Managing Demand Uncertainty Through Fuzzy Inference in Supply Chain Planning”, **International Journal of Production Research**, 50(19), 5415–5429.
- Kabak, Özgür ve Ülengin, Füsün (2011), “Possibilistic Linear-Programming Approach for Supply Chain Networking Decisions”, **European Journal of Operational Research**, 209(3), 253–264.
- Kaboli Chalmardi, Mazyar ve Camacho-Vallejo, José Fernando (2019), “A Bi-Level Programming Model for Sustainable Supply Chain Network Design That Considers Incentives for Using Cleaner Technologies”, **Journal of Cleaner Production**, 213, 1035–1050.
- Kalaitzidou, Magdalini A. vd. (2015), “Optimal Design of Closed-Loop Supply Chain Networks with Multifunctional Nodes”, **Computers and Chemical Engineering**, 80, 73–91.
- Kannegiesser, Matthias vd. (2015), “The Time-To-Sustainability Optimization Strategy for



- Sustainable Supply Network Design”, **Journal of Cleaner Production**, 108, 451–463.
- Kanver (2019), “Kan Hizmetleri - Kan Hakkında Bilinmesi Gerekenler”, <https://www.kanver.org/sayfa/e-kutuphane/kan-hakkinda-bilinmesi-gerekenler/44> (21.03.2019).
- Kara, Selin Soner ve Onut, Semih (2010), “A Two-Stage Stochastic and Robust Programming Approach to Strategic Planning of a Reverse Supply Network: the Case of Paper Recycling”, **Expert Systems with Applications**, 37(9), 6129–6137.
- Katsaliaki, K. ve Brailsford, S. C. (2007), “Using Simulation to Improve the Blood Supply Chain”, **Journal of the Operational Research Society**, 58(2), 219–227.
- Katsaliaki, Korina (2008), “Cost-Effective Practices in the Blood Service Sector”, **Health Policy**, 86(2–3), 276–287.
- Katsaliaki, Korina vd. (2014), “A Game-Based Approach Towards Facilitating Decision Making for Perishable Products: An Example of Blood Supply Chain”, **Expert Systems with Applications**, 41(9), 4043–4059.
- Kauder, Saskia ve Meyr, Herbert (2009), “Strategic Network Planning for an International Automotive Manufacturer: Balancing Flexibility and Economical Efficiency”, **OR Spectrum**, 31(3), 507–532.
- Kaveh, A. ve Ghobadi, M. (2017), “A Multistage Algorithm for Blood Banking Supply Chain Allocation Problem”, **International Journal of Civil Engineering**, 15(1), 103–112.
- Kchaou Boujelben, Mouna vd. (2014), “A Distribution Network Design Problem in the Automotive Industry: MIP Formulation and Heuristics”, **Computers and Operations Research**, 52(PART A), 16–28.
- \_\_\_\_\_ (2016), “A MILP Model and Heuristic Approach for Facility Location under Multiple Operational Constraints”, **Computers and Industrial Engineering**, 98, 446–461.
- Kellar, Gregory M. vd. (2016), “Synchronization, Cross-Docking, and Decoupling in Supply Chain Networks”, **International Journal of Production Research**, 54(9), 2585–2599.
- Kennett, Julie vd. (2008), “Supply Chain Management in Cereal Grains: A Case Study from the U.S. Milling Wheat Industry”, **Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d’agroeconomie**, 46(4), 549–558.
- Keshavarz Ghorabae, Mehdi vd. (2017), “Designing a Multi-Product Multi-Period Supply Chain Network with Reverse Logistics and Multiple Objectives under Uncertainty”, **Technological and Economic Development of Economy**, 23(3), 520–548.
- Khalaf, Radwan El Hadj vd. (2010), “An Experimental Study for the Selection of Modules and

- Facilities in a Mass Customization Context”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 21(6), 703–716.
- Khalili-Damghani, Kaveh ve Tajik-Khaveh, Maryam (2015), “Solving a Multi-Objective Multi-Echelon Supply Chain Logistic Design and Planning Problem by a Goal Programming Approach”, **International Journal of Management Science and Engineering Management**, 10(4), 242–252.
- Khalilpourazari, Soheyl ve Arshadi Khamseh, Alireza (2017), “Bi-Objective Emergency Blood Supply Chain Network Design in Earthquake Considering Earthquake Magnitude: A Comprehensive Study with Real World Application”, **Annals of Operations Research**, 1–39.
- Khosrojerdi, Amirhossein vd. (2016), “A Method for Designing Power Supply Chain Networks Accounting for Failure Scenarios and Preventive Maintenance”, **Engineering Optimization**, 48(1), 154–172.
- Kim, Jinkyung vd. (2011), “Design of Biomass Processing Network for Biofuel Production Using an MILP Model”, **Biomass and Bioenergy**, 35(2), 853–871.
- Kim, Jiyong ve Moon, Il (2008), “Strategic Design of Hydrogen Infrastructure Considering Cost and Safety Using Multiobjective Optimization”, **International Journal of Hydrogen Energy**, 33(21), 5887–5896.
- Kivak, Turgay (2014), “Optimization of Surface Roughness and Flank Wear Using the Taguchi Method in Milling of Hadfield Steel with PVD and CVD Coated Inserts”, **Measurement: Journal of the International Measurement Confederation**, 50(1), 19–28.
- Klibi, Walid vd. (2016), “The Impact of Operations Anticipations on the Quality of Stochastic Location-Allocation Models”, **Omega (United Kingdom)**, 62, 19–33.
- Klibi, Walid ve Martel, Alain (2012), “Modeling Approaches for the Design of Resilient Supply Networks under Disruptions”, **International Journal of Production Economics**, 135(2), 882–898.
- \_\_\_\_\_ (2013), “The Design of Robust Value-Creating Supply Chain Networks”, **OR Spectrum**, 35(4), 867–903.
- Klinkenberg, Elisabeth F. vd. (2019), “The Supply Chain of Migrant Blood Donors: An Organisational Interview Study”, **Vox Sanguinis**, 145–153.
- Koca, Esra ve Yildirim, E. Alper (2012), “A Hierarchical Solution Approach for a Multicommodity Distribution Problem under a Special Cost Structure”, **Computers and Operations Research**, 39(11), 2612–2624.
- Kohneh, Jamal Nahofti vd. (2016), “Blood Products Supply Chain Design Considering Disaster Circumstances (Case Study: Earthquake Disaster in Tehran)”, **Journal of Industrial and**

**Systems Engineering** , 9, 51–72.

- Kumar, Ravi Shankar vd. (2017), “Designing Multi-Period Supply Chain Network Considering Risk and Emission: A Multi-Objective Approach”, **Annals of Operations Research**, 250(2), 427–461.
- Lalmazloumian, Morteza vd. (2016), “A Robust Optimization Model for Agile and Build-To-Order Supply Chain Planning under Uncertainties”, **Annals of Operations Research**, 240(2), 435–470.
- Lambert, Douglas M. vd. (1998), “Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities”, the **International Journal of Logistics Management**, 9(2), 1–20.
- Lamothe, Jacques vd. (2006), “An Optimization Model for Selecting a Product Family and Designing Its Supply Chain”, **European Journal of Operational Research**, 169(3), 1030–1047.
- Larimi, Niloofer Gilani vd. (2019), “Itemized Platelet Supply Chain with Lateral Transshipment under Uncertainty Evaluating Inappropriate Output in Laboratories”, **Socio-Economic Planning Sciences**, (March), 1–17.
- Lee, Jeong-Hun vd. (2010), “Multi-Level Supply Chain Network Design with Routing”, **International Journal of Production Research**, 48(13), 3957–3976.
- Lee, Jeong Eun vd. (2009), “Network Model and Optimization of Reverse Logistics by Hybrid Genetic Algorithm”, **Computers and Industrial Engineering**, 56(3), 951–964.
- Lee, Jeong Hun ve Moon, Ilkyeong (2014), “A Hybrid Hub-And-Spoke Postal Logistics Network with Realistic Restrictions: A Case Study of Korea Post”, **Expert Systems with Applications**, 41(11), 5509–5519.
- Lee, Suh Young vd. (2019), “Design under Uncertainty of Carbon Capture, Utilization and Storage Infrastructure Considering Profit, Environmental Impact, and Risk Preference”, **Applied Energy**, 238(April 2018), 34–44.
- Li, Haitao ve Amini, Mehdi (2012), “A Hybrid Optimisation Approach to Configure a Supply Chain for New Product Diffusion: a Case Study of Multiple-Sourcing Strategy”, **International Journal of Production Research**, 50(11), 3152–3171.
- Li, Haitao ve Womer, Keith (2012), “Optimizing the Supply Chain Configuration for Make-To-Order Manufacturing”, **European Journal of Operational Research**, 221(1), 118–128.
- Li, Hongyan vd. (2009), “A Strategic Capacity Allocation Model for a Complex Supply Chain: Formulation and Solution Approach Comparison”, **International Journal of Production Economics**, 121(2), 505–518.
- Li, Qi ve Hu, Guiping (2014), “Supply Chain Design under Uncertainty for Advanced Biofuel Production Based on Bio-Oil Gasification”, **Energy**, 74(C), 576–584.

- Li, Shuang vd. (2016), “Multiobjective Optimization for Multiperiod Reverse Logistics Network Design”, **IEEE Transactions on Engineering Management**, 63(2), 223–236.
- Li, Xiaopeng (2013), “An Integrated Modeling Framework for Design of Logistics Networks with Expedited Shipment Services”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 56, 46–63.
- Li, Xueping ve Zhang, Kaike (2018), “A Sample Average Approximation Approach for Supply Chain Network Design with Facility Disruptions”, **Computers and Industrial Engineering**, 126(April), 243–251.
- Li, Yi Chang ve Liao, Hung Chang (2012), “The Optimal Parameter Design for a Blood Supply Chain System by the Taguchi Method”, **International Journal of Innovative Computing, Information and Control**, 8(11), 7697–7712.
- Liang, Dong ve Wilhelm, Wilbert E. (2008), “Decomposition Schemes and Acceleration Techniques in Application to Production-Assembly-Distribution System Design”, **Computers and Operations Research**, 35(12), 4010–4026.
- \_\_\_\_\_ (2013), “Dual-Ascent and Primal Heuristics for Production-Assembly-Distribution System Design”, **Naval Research Logistics (NRL)**, 60(1), 1–18.
- Liao, Tsai Yun (2018), “Reverse Logistics Network Design for Product Recovery and Remanufacturing”, **Applied Mathematical Modelling**, 60, 145–163.
- Lidestam, Helene ve Rönnqvist, Mikael (2011), “Use of Lagrangian Decomposition in Supply Chain Planning”, **Mathematical and Computer Modelling**, 54(9–10), 2428–2442.
- Lien, Robert W. vd. (2011), “An Efficient and Robust Design for Transshipment Networks”, **Production and Operations Management**, 20(5), 699–713.
- Lim, Michael K. vd. (2016), “Agility and Proximity Considerations in Supply Chain Design”, **Management Science**, 63(4), 1026–1041.
- Lin, Cheng Chang ve Wu, Yi Chen (2013), “Optimal Pricing for Build-To-Order Supply Chain Design under Price-Dependent Stochastic Demand”, **Transportation Research Part B: Methodological**, 56, 31–49.
- Lin, Lin vd. (2009), “Integrated Multistage Logistics Network Design by Using Hybrid Evolutionary Algorithm”, **Computers and Industrial Engineering**, 56(3), 854–873.
- Liotta, Giacomo vd. (2015), “Optimisation of Freight Flows and Sourcing in Sustainable Production and Transportation Networks”, **International Journal of Production Economics**, 164, 351–365.
- Liu, Ming ve Zhao, Lindu (2012), “An Integrated and Dynamic Optimisation Model for the Multi-Level Emergency Logistics Network in Anti-Bioterrorism System”, **International Journal of**

- Systems Science**, 43(8), 1464–1478.
- Liu, Yang vd. (2019), “Optimization of Parameters in Laser Powder Deposition AlSi10Mg Alloy Using Taguchi Method”, **Optics & Laser Technology**, 111, 470–480.
- Longinidis, Pantelis ve Georgiadis, Michael C. (2013), “Managing the Trade-Offs Between Financial Performance and Credit Solvency in the Optimal Design of Supply Chain Networks under Economic Uncertainty”, **Computers and Chemical Engineering**, 48, 264–279.
- \_\_\_\_\_ (2014), “Integration of Sale and Leaseback in the Optimal Design of Supply Chain Networks”, **Omega (United Kingdom)**, 47, 73–89.
- Lozano, J. A. (2002), “An Introduction to Evolutionary Algorithms”, P. Larrañaga ve J. A. Lozano (Ed.), **Estimation of Distribution Algorithms**, 1th Edition içinde (3–25), Springer US, Boston, MA.
- Lu, Hua vd. (2018), “A Model of Integrated Regional Logistics Hub in Supply Chain”, **Enterprise Information Systems**, 12(10), 1308–1335.
- Lundin, Johan F. (2012), “Redesigning a Closed-Loop Supply Chain Exposed to Risks”, **International Journal of Production Economics**, 140(2), 596–603.
- Ma, Hongguang ve Li, Xiang (2018), “Closed-Loop Supply Chain Network Design for Hazardous Products with Uncertain Demands and Returns”, **Applied Soft Computing Journal**, 68, 889–899.
- Ma, Ruimin vd. (2016), “Robust Environmental Closed-Loop Supply Chain Design under Uncertainty”, **Chaos, Solitons and Fractals**, 89, 195–202.
- Madadi, Alireza, Kurz, Mary E., Taaffe, Kevin M., vd. (2014), “Supply Network Design: Risk-Averse Or Risk-Neutral?”, **Computers and Industrial Engineering**, 78, 55–65.
- Madadi, Alireza, Kurz, Mary E., Mason, Scott J., vd. (2014), “Supply Chain Design under Quality Disruptions and Tainted Materials Delivery”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 67, 105–123.
- Mahmoodi, Mahdi (2019), “A New Multi-Objective Model of Agile Supply Chain Network Design Considering Transportation Limits”, **Production and Manufacturing Research**, 7(1), 1–22.
- Mak, Ho-Yin ve Shen, Zuo-Jun Max (2009), “A Two-Echelon Inventory-Location Problem with Service Considerations”, **Naval Research Logistics**, 56(8), 730–744.
- \_\_\_\_\_ (2012), “Risk Diversification and Risk Pooling in Supply Chain Design”, **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, 44(8), 603–621.
- Mallidis, Ioannis vd. (2012), “The Impact of Greening on Supply Chain Design and Cost: A Case for a Developing Region”, **Journal of Transport Geography**, 22, 118–128.

- Manatkar, R. P. vd. (2016), “An Integrated Inventory Optimization Model for Facility Location-Allocation Problem”, **International Journal of Production Research**, 54(12), 3640–3658.
- Mandal, Nilrudra vd. (2011), “Optimization of Flank Wear Using Zirconia Toughened Alumina (ZTA) Cutting Tool: Taguchi Method and Regression Analysis”, **Measurement**, 44(10), 2149–2155.
- Mansoornejad, Behrang vd. (2013), “Scenario-Based Strategic Supply Chain Design and Analysis for the Forest Biorefinery Using an Operational Supply Chain Model”, **International Journal of Production Economics**, 144(2), 618–634.
- Marques, Alexandra vd. (2018), “Planning Woody Biomass Supply in Hot Systems under Variable Chips Energy Content”, **Biomass and Bioenergy**, 108(November 2017), 265–277.
- Martí, Joana M. Coma vd. (2015), “Carbon Footprint and Responsiveness Trade-Offs in Supply Chain Network Design”, **International Journal of Production Economics**, 166, 129–142.
- Marufuzzaman, Mohammad, Ekşioğlu, Sandra Duni, Li, Xiaopeng, vd. (2014), “Analyzing the Impact of Intermodal-Related Risk to the Design and Management of Biofuel Supply Chain”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 69, 122–145.
- Marufuzzaman, Mohammad, Ekşioğlu, Sandra Duni ve Hernandez, Rafael (2014), “Environmentally Friendly Supply Chain Planning and Design for Biodiesel Production Via Wastewater Sludge”, **Transportation Science**, 48(4), 555–574.
- Marufuzzaman, Mohammad ve Ekşioğlu, Sandra Duni (2016), “Designing a Reliable and Dynamic Multimodal Transportation Network for Biofuel Supply Chains”, **Transportation Science**, 51(2), 494–517.
- 
- \_\_\_\_\_ (2017), “Managing Congestion in Supply Chains Via Dynamic Freight Routing: An Application in the Biomass Supply Chain”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 99, 54–76.
- Masoumi, Amir H. vd. (2017), “Mergers and Acquisitions in Blood Banking Systems: A Supply Chain Network Approach”, **International Journal of Production Economics**, 193(August), 406–421.
- Masoumi, Amirhossein (2013), **Supply Chain Management of Perishable Products with Applications to Healthcare, ProQuest Dissertations and Theses**.
- Max Shen, Zuo Jun ve Qi, Lian (2007), “Incorporating Inventory and Routing Costs in Strategic Location Models”, **European Journal of Operational Research**, 179(2), 372–389.
- Megahed, Aly ve Goetschalckx, Marc (2018), “Tactical Supply Chain Planning under Uncertainty with an Application in the Wind Turbines Industry”, **Computers and Operations Research**, 100, 287–300.

- Meisel, Frank ve Bierwirth, Christian (2014), “The Design of Make-To-Order Supply Networks under Uncertainties Using Simulation and Optimisation”, **International Journal of Production Research**, 52(22), 6590–6607.
- Melo, M. T. vd. (2012), “A Tabu Search Heuristic for Redesigning a Multi-Echelon Supply Chain Network Over a Planning Horizon”, **International Journal of Production Economics**, 136(1), 218–230.
- Mentzer, John T. vd. (2001), “Defining Supply Chain Management”, **Journal of Business Logistics**, 22(2), 1–25.
- Michalewicz, Zbigniew (1994), **Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs**, 2nd Edition, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Milne, R. John vd. (2015), “Incorporating Contractual Arrangements in Production Planning”, **Computers and Operations Research**, 53, 353–363.
- Min, Hokey vd. (2005), “A Genetic Algorithm Approach to the Balanced Allocation of Customers to Multiple Warehouses with Varying Capacities.”, **International Journal of Logistics: Research & Applications**, 8(3), 181–192.
- Miranda-Ackerman, Marco A. vd. (2017), “A Green Supply Chain Network Design Framework for the Processed Food Industry: Application to the Orange Juice Agrofood Cluster”, **Computers and Industrial Engineering**, 109, 369–389.
- Miranda-Ackerman, Marco A. ve Azzaro-Pantel, Catherine (2017), “Extending the Scope of Eco- Labelling in the Food Industry to Drive Change Beyond Sustainable Agriculture Practices”, **Journal of Environmental Management**, 204, 814–824.
- Mirhashemi, Mona Sadat vd. (2018), “Moringa Oleifera Biomass-To-Biodiesel Supply Chain Design: An Opportunity to Combat Desertification in Iran”, **Journal of Cleaner Production**, 203, 313–327.
- Mohamed, Liban Ali vd. (2019), “Design of Blood Supply Chain and Application to Marmara Region in Turkey”, 4(3), 27–36.
- Mohammadi Bidhandi, Hadi vd. (2009), “Development of a New Approach for Deterministic Supply Chain Network Design”, **European Journal of Operational Research**, 198(1), 121–128.
- Mohammadi Bidhandi, Hadi ve Mohd Yusuff, Rosnah (2011), “Integrated Supply Chain Planning under Uncertainty Using an Improved Stochastic Approach”, **Applied Mathematical Modelling**, 35(6), 2618–2630.
- Mohammadi Bidhandi, Hadi ve Patrick, Jonathan (2017), “Accelerated Sample Average Approximation Method for Two-Stage Stochastic Programming with Binary First-Stage Variables”, **Applied Mathematical Modelling**, 41, 582–595.

- Mohammadi, Mehrdad vd. (2016), “Design of a Reliable Logistics Network with Hub Disruption under Uncertainty”, **Applied Mathematical Modelling**, 40(9–10), 5621–5642.
- Mohammed, Ahmed vd. (2017), “A Cost-Effective Decision-Making Algorithm for an RFID-Enabled HMSC Network Design”, **Industrial Management & Data Systems**, 117(9), 1782–1799.
- Mohammed, Ahmed ve Wang, Qian (2017a), “Developing a Meat Supply Chain Network Design Using a Multi-Objective Possibilistic Programming Approach”, **British Food Journal**, 119(3), 690–706.
- \_\_\_\_\_ (2017b), “The Fuzzy Multi-Objective Distribution Planner for a Green Meat Supply Chain”, **International Journal of Production Economics**, 184(November 2016), 47–58.
- Mohammed, Fareeduddin vd. (2017), “Multi-Period Planning of Closed-Loop Supply Chain with Carbon Policies under Uncertainty”, **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, 51, 146–172.
- Mohseni, Shayan vd. (2016), “Robust Design and Planning of Microalgae Biomass-To-Biodiesel Supply Chain: A Case Study in Iran”, **Energy**, 111, 736–755.
- Moncayo-Martínez, Luis A. ve Zhang, David Z. (2013), “Optimising Safety Stock Placement and Lead Time in an Assembly Supply Chain Using Bi-Objective MAX-MIN Ant System”, **International Journal of Production Economics**, 145(1), 18–28.
- Mota, Bruna vd. (2018), “Sustainable Supply Chains: An Integrated Modeling Approach under Uncertainty”, **Omega (United Kingdom)**, 77, 32–57.
- Mouatassim, Salma vd. (2016), “Model Based on Hybridized Game Theory to Optimize Logistics: Case of Blood Supply Chain”, **International Journal of Computer Applications**, 145(15), 37–48.
- Mousavi, Seyed Mohsen vd. (2017), “A Modified Particle Swarm Optimization for Solving the Integrated Location and Inventory Control Problems in a Two-Echelon Supply Chain Network”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 28(1), 191–206.
- Mousazadeh, Mohammad vd. (2015), “A Robust Possibilistic Programming Approach for Pharmaceutical Supply Chain Network Design”, **Computers and Chemical Engineering**, 82, 115–128.
- Mustafee, Navonil vd. (2009), “Facilitating the Analysis of a UK National Blood Service Supply Chain Using Distributed Simulation”, **Simulation**, 85(2), 113–128.
- Nagurney, Anna vd. (2012), “Supply Chain Network Operations Management of a Blood Banking System with Cost and Risk Minimization”, **Computational Management Science**, 9(2), 205–



- Nagurney, Anna ve Dutta, Pritha (2018), “Supply Chain Network Competition Among Blood Service Organizations: A Generalized Nash Equilibrium Framework”, **Annals of Operations Research**, 275(2), 551–586.
- \_\_\_\_\_ (2019), “Competition for Blood Donations”, **Omega**, 85, 103–114.
- Namdar, Jafar vd. (2018), “Supply Chain Resilience for Single and Multiple Sourcing in the Presence of Disruption Risks”, **International Journal of Production Research**, 56(6), 2339–2360.
- Naraharisetti, P. K. vd. (2008), “Supply Chain Redesign Through Optimal Asset Management and Capital Budgeting”, **Computers and Chemical Engineering**, 32(12), 3153–3169.
- Naraharisetti, P. K. ve Karimi, I. A. (2010), “Supply Chain Redesign and New Process Introduction in Multipurpose Plants”, **Chemical Engineering Science**, 65(8), 2596–2607.
- Nekooghadirli, N. vd. (2014), “Solving a New Bi-Objective Location-Routing-Inventory Problem in a Distribution Network by Meta-Heuristics”, **Computers and Industrial Engineering**, 76(1), 204–221.
- Nishi, Tatsushi vd. (2008), “An Augmented Lagrangian Approach for Distributed Supply Chain Planning for Multiple Companies”, **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, 5(2), 259–274.
- Nobari, Arash vd. (2019), “Considering Chain-To-Chain Competition on Environmental and Social Concerns in a Supply Chain Network Design Problem”, **International Journal of Management Science and Engineering Management**, 14(1), 33–46.
- Nouira, Imen vd. (2016), “Design of Forward Supply Chains: Impact of a Carbon Emissions-Sensitive Demand”, **International Journal of Production Economics**, 173, 80–98.
- Nunes, Paula vd. (2015), “Design of a Hydrogen Supply Chain with Uncertainty”, **International Journal of Hydrogen Energy**, 40(46), 16408–16418.
- Ochoa Bique, Anton ve Zondervan, Edwin (2018), “An Outlook Towards Hydrogen Supply Chain Networks in 2050 — Design of Novel Fuel Infrastructures in Germany”, **Chemical Engineering Research and Design**, 134, 90–103.
- Ogumerem, Gerald S. vd. (2018), “A Multi-Objective Optimization for the Design and Operation of a Hydrogen Network for Transportation Fuel”, **Chemical Engineering Research and Design**, 131, 279–292.
- Olivares-Benitez, Elias vd. (2013), “A Metaheuristic Algorithm to Solve the Selection of Transportation Channels in Supply Chain Design”, **International Journal of Production Economics**, 145(1), 161–172.
- Omrani, Hashem vd. (2017), “Designing an Efficient Supply Chain Network with Uncertain Data: A

- Robust Optimization - Data Envelopment Analysis Approach”, **Journal of the Operational Research Society**, 68(7), 816–828.
- Osmani, Atif ve Zhang, Jun (2017), “Multi-Period Stochastic Optimization of a Sustainable Multi-Feedstock Second Generation Bioethanol Supply Chain – A Logistic Case Study in Midwestern United States”, **Land Use Policy**, 61, 420–450.
- Osorio, Andres F. vd. (2017), “Simulation-Optimization Model for Production Planning in the Blood Supply Chain”, **Health Care Management Science**, 20(4), 548–564.
- Osorio, Andres F., Brailsford, Sally C. ve Smith, Honora K. (2018), “Whole Blood Or Apheresis Donations? A Multi-Objective Stochastic Optimization Approach”, **European Journal of Operational Research**, 266(1), 193–204.
- Osorio, Andres F., Brailsford, Sally C., Smith, Honora K., vd. (2018), “Designing the Blood Supply Chain: How Much, How and Where?”, **Vox Sanguinis**, 113(8), 760–769.
- Oz, Tolga ve Ergulen, Ahmet (2018), “Secure and Optimum Fuel Distribution of Nato”, **Journal of Applied Security Research**, 13(2), 186–198.
- Özceylan, Eren vd. (2014), “Modeling and Optimizing the Integrated Problem of Closed-Loop Supply Chain Network Design and Disassembly Line Balancing”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 61, 142–164.
- Özceylan, Eren ve Paksoy, Turan (2014), “Interactive Fuzzy Programming Approaches to the Strategic and Tactical Planning of a Closed-Loop Supply Chain under Uncertainty”, **International Journal of Production Research**, 52(8), 2363–2387.
- Özener, Okan Örsan vd. (2019), “Improving Blood Products Supply Through Donation Tailoring”, **Computers and Operations Research**, 102, 10–21.
- Özener, Okan Örsan ve Ekici, Ali (2018), “Managing Platelet Supply Through Improved Routing of Blood Collection Vehicles”, **Computers and Operations Research**, 98, 113–126.
- Ozgen, Dogan ve Gulsun, Bahadir (2014), “Combining Possibilistic Linear Programming and Fuzzy AHP for Solving the Multi-Objective Capacitated Multi-Facility Location Problem”, **Information Sciences**, 268, 185–201.
- Özker, Vildan ve Başlıgil, Hüseyin (2012), “Modelling Product-Recovery Processes in Closed-Loop Supply-Chain Network Design”, **International Journal of Production Research**, 50(8), 2218–2233.
- \_\_\_\_\_ (2013), “Multi-Objective Optimization of Closed-Loop Supply Chains in Uncertain Environment”, **Journal of Cleaner Production**, 41, 114–125.
- Özkoç, Doğuş (2013), **Design of a Blood Bank Network: Considering Facility Location, Inventory and Routing Decisions**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Koç Üniversitesi -

Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Ozsen, Leyla vd. (2009), “Facility Location Modeling and Inventory Management with Multisourcing”, **Transportation Science**, 43(4), 455–472.
- Paksoy, Turan vd. (2012), “Supply Chain Optimisation with Assembly Line Balancing”, **International Journal of Production Research**, 50(11), 3115–3136.
- Paksoy, Turan ve Chang, Ching Ter (2010), “Revised Multi-Choice Goal Programming for Multi-Period, Multi-Stage Inventory Controlled Supply Chain Model with Popup Stores in Guerrilla Marketing”, **Applied Mathematical Modelling**, 34(11), 3586–3598.
- Paksoy, Turan ve Özceylan, Eren (2012), “Supply Chain Optimisation with U-Type Assembly Line Balancing”, **International Journal of Production Research**, 50(18), 5085–5105.
- Palacio, Antonio vd. (2018), “Analysing the Factors That Influence the Pareto Frontier of a Bi-Objective Supply Chain Design Problem”, **International Transactions in Operational Research**, 25(6), 1717–1738.
- Pan, Feng ve Nagi, Rakesh (2013), “Multi-Echelon Supply Chain Network Design in Agile Manufacturing”, **Omega (United Kingdom)**, 41(6), 969–983.
- Pan, Shenle vd. (2014), “Environmental and Economic Issues Arising from the Pooling of SMEs’ Supply Chains: Case Study of the Food Industry in Western France”, **Flexible Services and Manufacturing Journal**, 26(1–2), 92–118.
- Paquet, M. vd. (2008), “A Manufacturing Network Design Model Based on Processor and Worker Capabilities”, **International Journal of Production Research**, 46(7), 2009–2030.
- Parker, Nathan vd. (2010), “From Waste to Hydrogen: An Optimal Design of Energy Production and Distribution Network”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 46(4), 534–545.
- Pasandideh, Seyed Hamid Reza ve Asadi, Kobra (2016), “A Priority-Based Modified Encoding-Decoding Procedure for the Design of a Bi-Objective Sc Network Using Meta-Heuristic Algorithms”, **International Journal of Management Science and Engineering Management**, 11(1), 8–21.
- Pazoki, Mostafa vd. (2012), “A Multiproduct Dynamic Model to Design a Converge-Diverge Supply Network with Supplier Partnership Considerations”, **Scientia Iranica**, 19(6), 1911–1920.
- Pedram, Ali vd. (2017), “Integrated Forward and Reverse Supply Chain: A Tire Case Study”, **Waste Management**, 60, 460–470.
- Peidro, David vd. (2009), “Fuzzy Optimization for Supply Chain Planning under Supply, Demand and Process Uncertainties”, **Fuzzy Sets and Systems**, 160(18), 2640–2657.
- Peidro, David, Mula, Josefa ve Poler, Raúl (2010), “Fuzzy Linear Programming for Supply Chain

- Planning under Uncertainty”, **International Journal of Information Technology & Decision Making**, 09(03), 373–392.
- Peidro, David, Mula, Josefa, Jiménez, Mariano, vd. (2010), “A Fuzzy Linear Programming Based Approach for Tactical Supply Chain Planning in an Uncertainty Environment”, **European Journal of Operational Research**, 205(1), 65–80.
- Pereira, Jordi ve Vilà, Mariona (2016), “A New Model for Supply Chain Network Design with Integrated Assembly Line Balancing Decisions”, **International Journal of Production Research**, 54(9), 2653–2669.
- Perl, Jossef ve Daskin, Mark S. (1985), “A Warehouse Location-Routing Problem”, **Transportation Research Part B: Methodological**, 19(5), 381–396.
- Petridis, Konstantinos (2015), “Optimal Design of Multi-Echelon Supply Chain Networks under Normally Distributed Demand”, **Annals of Operations Research**, 227(1), 63–91.
- Pham, Tai ve Yenradee, Pisal (2017), “Optimal Supply Chain Network Design with Process Network and BOM under Uncertainties: A Case Study in Toothbrush Industry”, **Computers and Industrial Engineering**, 108, 177–191.
- Pishvae, Mir Saman vd. (2012), “Robust Possibilistic Programming for Socially Responsible Supply Chain Network Design: A New Approach”, **Fuzzy Sets and Systems**, 206, 1–20.
- Pishvae, Mir Saman ve Torabi, S. Ali (2010), “A Possibilistic Programming Approach for Closed-Loop Supply Chain Network Design under Uncertainty”, **Fuzzy Sets and Systems**, 161(20), 2668–2683.
- Pishvae, Mir Saman vd. (2010), “A Memetic Algorithm for Bi-Objective Integrated Forward/Reverse Logistics Network Design”, **Computers and Operations Research**, 37(6), 1100–1112.
- Pishvae, Mir Saman vd. (2011), “A Robust Optimization Approach to Closed-Loop Supply Chain Network Design under Uncertainty”, **Applied Mathematical Modelling**, 35(2), 637–649.
- Pishvae, Mir Saman ve Rabbani, Masoud (2011), “A Graph Theoretic-Based Heuristic Algorithm for Responsive Supply Chain Network Design with Direct and Indirect Shipment”, **Advances in Engineering Software**, 42(3), 57–63.
- Pishvae, Mir Saman ve Razmi, Jafar (2012), “Environmental Supply Chain Network Design Using Multi-Objective Fuzzy Mathematical Programming”, **Applied Mathematical Modelling**, 36(8), 3433–3446.
- Poojari, C. A. vd. (2008), “Robust Solutions and Risk Measures for a Supply Chain Planning Problem under Uncertainty”, **Journal of the Operational Research Society**, 59(1), 2–12.
- Pop, Petrică C. vd. (2015), “An Efficient Reverse Distribution System for Solving Sustainable Supply

- Chain Network Design Problem”, **Journal of Applied Logic**, 13(2), 105–113.
- Poudel, Sushil R. vd. (2016a), “Designing a Reliable Bio-Fuel Supply Chain Network Considering Link Failure Probabilities”, **Computers and Industrial Engineering**, 91, 85–99.
- \_\_\_\_\_ (2016b), “A Hybrid Decomposition Algorithm for Designing a Multi-Modal Transportation Network under Biomass Supply Uncertainty”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 94, 1–25.
- Poudel, Sushil R. vd. (2019), “Managing Congestion in a Multi-Modal Transportation Network under Biomass Supply Uncertainty”, **Annals of Operations Research**, 273(1–2), 739–781.
- Prakash, Surya vd. (2017), “Embedding Risk in Closed-Loop Supply Chain Network Design: Case of a Hospital Furniture Manufacturer”, **Journal of Modelling in Management**, 40(3), 0.
- PwC (2019), “Pharma 2020 Series: Pharmaceuticals & Life Sciences: Industries: PwC”, <https://www.pwc.com/gx/en/industries/pharmaceuticals-life-sciences/publications/pharma-2020.html> (21.03.2019).
- Qi, Lian vd. (2010), “The Effect of Supply Disruptions on Supply Chain Design Decisions”, **Transportation Science**, 44(2), 274–289.
- Qi, Lian ve Shen, Zuo-Jun Max (2007), “A Supply Chain Design Model with Unreliable Supply”, **Naval Research Logistics**, 54(8), 829–844.
- Qin, Jin vd. (2009), “Optimal Model and Algorithm for Multi-Commodity Logistics Network Design Considering Stochastic Demand and Inventory Control”, **Systems Engineering - Theory & Practice**, 29(4), 176–183.
- Quddus, Md Abdul vd. (2018), “A Two-Stage Chance-Constrained Stochastic Programming Model for a Bio-Fuel Supply Chain Network”, **International Journal of Production Economics**, 195(September 2017), 27–44.
- Quintero-Araujo, Carlos L. vd. (2017), “A Biased-Randomized Metaheuristic for the Capacitated Location Routing Problem”, **International Transactions in Operational Research**, 24(5), 1079–1098.
- Rafique, Raza vd. (2017), “Designing Energy Supply Chains: Dynamic Models for Energy Security and Economic Prosperity”, **Production and Operations Management**, 26(6), 1120–1141.
- Rahimi, Mohsen vd. (2019), “A Stochastic Risk-Averse Sustainable Supply Chain Network Design Problem with Quantity Discount Considering Multiple Sources of Uncertainty”, **Computers & Industrial Engineering**, 130, 430–449.
- Rahimi, Mohsen ve Ghezavati, Vahidreza (2018), “Sustainable Multi-Period Reverse Logistics Network Design and Planning under Uncertainty Utilizing Conditional Value at Risk (CVaR) for Recycling Construction and Demolition Waste”, **Journal of Cleaner Production**, 172,

1567–1581.

- Rahmani, Donya (2018), “Designing a Robust and Dynamic Network for the Emergency Blood Supply Chain with the Risk of Disruptions”, **Annals of Operations Research**, 1–29.
- Rahmani, Donya ve Mahoodian, Vahid (2017), “Strategic and Operational Supply Chain Network Design to Reduce Carbon Emission Considering Reliability and Robustness”, **Journal of Cleaner Production**, 149, 607–620.
- Rajabalipour Cheshmehgaz, Hossein vd. (2014), “A Polar-Based Guided Multi-Objective Evolutionary Algorithm to Search for Optimal Solutions Interested by Decision-Makers in a Logistics Network Design Problem”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 25(4), 699–726.
- Rajendran, Suchithra ve Ravindran, A. Ravi (2019), “Inventory Management of Platelets Along Blood Supply Chain to Minimize Wastage and Shortage”, **Computers and Industrial Engineering**, 130(March), 714–730.
- Rajeshkumar, B. C. ve Rameshbabu, T. (2006), “Evaluation of Logistics Related Policies Between Two Different Levels of the Supply Chain Network - A Case Study”, **Annals of Operations Research**, 143(1), 77–89.
- Ramezani, Reza ve Behboodi, Zahra (2017), “Blood Supply Chain Network Design under Uncertainties in Supply and Demand Considering Social Aspects”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 104, 69–82.
- Randa, Ali Cem vd. (2011), “Türk Kızılayı Orta Anadolu Bölgesi Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Yönetimi Projesi”, **Endüstri Mühendisliği Dergisi**, 22(3), 22–70.
- Razmi, Jafar vd. (2013), “A Bi-Objective Stochastic Optimization Model for Reliable Warehouse Network Redesign”, **Mathematical and Computer Modelling**, 58(11–12), 1804–1813.
- Rentizelas, Athanasios vd. (2018), “Designing an Optimised Supply Network for Sustainable Conversion of Waste Agricultural Plastics Into Higher Value Products”, **Journal of Cleaner Production**, 189, 683–700.
- Rezaee, Ahmad vd. (2017), “Green Supply Chain Network Design with Stochastic Demand and Carbon Price”, **Annals of Operations Research**, 250(2), 463–485.
- Rezapour, Shabnam vd. (2011), “Strategic Design of Competing Supply Chain Networks with Foresight”, **Advances in Engineering Software**, 42(4), 130–141.
- Rezapour, Shabnam vd. (2016), “Reliable Product-Service Supply Chains for Repairable Products”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 95, 299–321.
- Roghani, Emad ve Pazhoheshfar, Peiman (2014), “An Optimization Model for Reverse Logistics Network under Stochastic Environment by Using Genetic Algorithm”, **Journal of Manufacturing Systems**, 33(3), 348–356.

- Rohaninejad, Mohammad vd. (2018a), “An Accelerated Benders Decomposition Algorithm for Reliable Facility Location Problems in Multi-Echelon Networks”, **Computers and Industrial Engineering**, 124(July), 523–534.
- \_\_\_\_\_ (2018b), “Multi-Echelon Supply Chain Design Considering Unreliable Facilities with Facility Hardening Possibility”, **Applied Mathematical Modelling**, 62, 321–337.
- Roni, Mohammad S. vd. (2014), “A Supply Chain Network Design Model for Biomass Co-Firing in Coal-Fired Power Plants”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 61, 115–134.
- Ross, Anthony ve Jayaraman, Vaidyanathan (2008), “An Evaluation of New Heuristics for the Location of Cross-Docks Distribution Centers in Supply Chain Network Design”, **Computers and Industrial Engineering**, 55(1), 64–79.
- Rothlauf, Franz (2006), **Representations for Genetic and Evolutionary Algorithms**, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Rowshannahad, Mehdi vd. (2018), “Multi-Item Bi-Level Supply Chain Planning with Multiple Remanufacturing of Reusable By-Products”, **International Journal of Production Economics**, 198(January), 25–37.
- Ruiz-Torres, Alex J. vd. (2018), “Scheduling Assemble-To-Order Systems with Multiple Cells to Minimize Costs and Tardy Deliveries”, **Computers and Industrial Engineering**, 115(November 2017), 290–303.
- Rytilä, Jyrki S. ve Spens, Karen M. (2006), “Using Simulation to Increase Efficiency in Blood Supply Chains”, **Management Research News**, 29(12), 801–819.
- Ryu, Jun Hyung vd. (2004), “A Bilevel Programming Framework for Enterprise-Wide Process Networks under Uncertainty”, **Computers and Chemical Engineering**, 28(6–7), 1121–1129.
- Sadeghi Rad, Reza ve Nahavandi, Nasim (2018), “A Novel Multi-Objective Optimization Model for Integrated Problem of Green Closed Loop Supply Chain Network Design and Quantity Discount”, **Journal of Cleaner Production**, 196, 1549–1565.
- Sadjady, Hannan ve Davoudpour, Hamid (2012), “Two-Echelon, Multi-Commodity Supply Chain Network Design with Mode Selection, Lead-Times and Inventory Costs”, **Computers and Operations Research**, 39(7), 1345–1354.
- Saghaeian, Amin ve Ramezani, Reza (2018), “An Efficient Hybrid Genetic Algorithm for Multi-Product Competitive Supply Chain Network Design with Price-Dependent Demand”, **Applied Soft Computing Journal**, 71, 872–893.
- Sahebjamnia, Navid vd. (2018), “Sustainable Tire Closed-Loop Supply Chain Network Design:

- Hybrid Metaheuristic Algorithms for Large-Scale Networks”, **Journal of Cleaner Production**, 196, 273–296.
- Şahinyazan, Feyza Güliz (2012), **Mobile Blood Donation Logistics : Case for Turkish Red Crescent**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bilkent Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saif, Yousef ve Almansoori, Ali (2014), “Design and Operation of Water Desalination Supply Chain Using Mathematical Modelling Approach”, **Desalination**, 351, 184–201.
- Sakawa, Masatoshi (2002), **Genetic Algorithms and Fuzzy Multiobjective Optimization**, 1st Edition, Boston, Springer US.
- Salehi, Faraz vd. (2017), “Developing a Robust Stochastic Model for Designing a Blood Supply Chain Network in a Crisis: A Possible Earthquake in Tehran”, **Annals of Operations Research**, 1–25.
- Salem, Roba W. ve Haouari, Mohamed (2017), “A Simulation-Optimisation Approach for Supply Chain Network Design under Supply and Demand Uncertainties”, **International Journal of Production Research**, 55(7), 1845–1861.
- Salimi, Fatemeh ve Vahdani, Behnam (2018), “Designing a Bio-Fuel Network Considering Links Reliability and Risk-Pooling Effect in Bio-Refineries”, **Reliability Engineering and System Safety**, 174(June 2017), 96–107.
- Samani, Mohammad Reza Ghatreh vd. (2019), “A Multilateral Perspective Towards Blood Network Design in an Uncertain Environment: Methodology and Implementation”, **Computers and Industrial Engineering**, 130(August 2018), 450–471.
- Samani, Mohammad Reza Ghatreh ve Hosseini-Motlagh, Seyyed Mahdi (2018), “An Enhanced Procedure for Managing Blood Supply Chain under Disruptions and Uncertainties”, **Annals of Operations Research**, 1–50.
- Samet, Ahmed vd. (2017), “Supply Chain Network Design under Uncertainty with Evidence Theory”, **Logistics Research**, 10(8), 1–19.
- Sangode, Pallawi B. ve Choudhary, Anchal (2018), “Application of the Supply Chain Concept to Blood Banks for Effective Sickle Cell Treatment”, **International Journal of Latest Engineering and Management Research**, 03(03), 28–34.
- Santoso, Tjendra vd. (2005), “A Stochastic Programming Approach for Supply Chain Network Design under Uncertainty”, **European Journal of Operational Research**, 167(1), 96–115.
- Sarrafha, Keyvan vd. (2015), “A Bi-Objective Integrated Procurement, Production, and Distribution Problem of a Multi-Echelon Supply Chain Network Design: A New Tuned MOEA”, **Computers and Operations Research**, 54, 35–51.
- Savadkoohi, E. vd. (2018), “A Possibilistic Location-Inventory Model for Multi-Period Perishable



- Pharmaceutical Supply Chain Network Design”, **Chemical Engineering Research and Design**, 138, 490–505.
- Schaller, Jeffrey (2008), “Incorporating Cellular Manufacturing Into Supply Chain Design”, **International Journal of Production Research**, 46(17), 4925–4945.
- Schuster Puga, Matías ve Tancrez, Jean Sébastien (2017), “A Heuristic Algorithm for Solving Large Location–Inventory Problems with Demand Uncertainty”, **European Journal of Operational Research**, 259(2), 413–423.
- Schütz, Peter vd. (2009), “Supply Chain Design under Uncertainty Using Sample Average Approximation and Dual Decomposition”, **European Journal of Operational Research**, 199(2), 409–419.
- Schütz, Peter ve Tomasgard, Asgeir (2011), “The Impact of Flexibility on Operational Supply Chain Planning”, **International Journal of Production Economics**, 134(2), 300–311.
- Scudder, Gary ve Blackburn, Joseph (2009), “Supply Chain Strategies for Perishable Products”, **Production and Operations Management**, 18(2), 129–137.
- Şenyiğit, Ercan (2012), “The Optimization of Lot Sizing with Supplier Selection Problem in Multi-Echelon Defective Supply Chain Network”, **Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems**, 18(3), 273–286.
- Sepulveda Rojas, J. P. ve Frein, Y. (2008), “Coordination and Demand Uncertainty in Supply Chains”, **Production Planning and Control**, 19(7), 712–721.
- Sha, D. Y. ve Che, Z. H. (2006), “Supply Chain Network Design: Partner Selection and Production/Distribution Planning Using a Systematic Model”, **Journal of the Operational Research Society**, 57(1), 52–62.
- Shahabi, Mehrdad vd. (2014), “A Three Level Location–Inventory Problem with Correlated Demand”, **Transportation Research Part B: Methodological**, 69, 1–18.
- Shahabi, Mehrdad vd. (2018), “Joint Production–Inventory–Location Problem with Multi-Variate Normal Demand”, **Transportation Research Part B: Methodological**, 110, 60–78.
- Shamekhi Amiri, A. vd. (2018), “An Iterative Approach for a Bi-Level Competitive Supply Chain Network Design Problem under Foresight Competition and Variable Coverage”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 109(November 2017), 99–114.
- Sharifzadeh, Mahdi vd. (2015), “Supply Chain Network Design and Operation: Systematic Decision-Making for Centralized, Distributed, and Mobile Biofuel Production Using Mixed Integer Linear Programming (MILP) under Uncertainty”, **Biomass and Bioenergy**, 81, 401–414.
- Shaw, Krishnendu vd. (2013), “Modeling a Low-Carbon Garment Supply Chain”, **Production**

**Planning and Control**, 24(8–9), 851–865.

- Shaw, Krishnendu vd. (2016), “Low Carbon Chance Constrained Supply Chain Network Design Problem: A Benders Decomposition Based Approach”, **Computers and Industrial Engineering**, 98, 483–497.
- Shen, Zuo-Jun Max (2006), “A Profit-Maximizing Supply Chain Network Design Model with Demand Choice Flexibility”, **Operations Research Letters**, 34(6), 673–682.
- Shen, Zuo-Jun Max ve Daskin, Mark S. (2005), “Trade-Offs Between Customer Service and Cost in Integrated Supply Chain Design”, **Manufacturing & Service Operations Management**, 7(3), 188–207.
- Shu, Jia vd. (2015), “Warehouse Location and Two-Echelon Inventory Management with Concave Operating Cost”, **International Journal of Production Research**, 53(9), 2718–2729.
- Shukla, Aviral vd. (2011), “Optimizing Efficiency-robustness Trade-offs in Supply Chain Design under Uncertainty Due to Disruptions”, **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, 41(6), 623–647.
- Sibuea, Lusiana vd. (2017), “Stochastic Integer Programming Models in the Management of the Blood Supply Chain : A Case Study”, **World Journal of Operational Research**, 1(2), 41–48.
- Simchi-Levi, David vd. (2009), **Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies**, McGraw-Hill, New York.
- Sivanandam, S. N. ve Deepa, S. N. (2008), **Introduction to Genetic Algorithms**, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Snoeck, André vd. (2019), “A Stochastic Program to Evaluate Disruption Mitigation Investments in the Supply Chain”, **European Journal of Operational Research**, 274(2), 516–530.
- Sousa, Rui vd. (2008), “Supply Chain Design and Multilevel Planning-An Industrial Case”, **Computers and Chemical Engineering**, 32(11), 2643–2663.
- Stadtler, Hartmut vd. (Ed.) (2015), **Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies**, 5th Edition, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Stanger, Sebastian H. W. vd. (2012), “What Drives Perishable Inventory Management Performance? Lessons Learnt from the UK Blood Supply Chain”, **Supply Chain Management: An International Journal**, 17(2), 107–123.
- Stanger, Sebastian H. W. vd. (2013), “Lateral Transshipments: An Institutional Theory Perspective”, **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, 43(9), 747–767.
- Stanger, Sebastian H. W. (2013), “Vendor Managed Inventory in the Blood Supply Chain in Germany”, **Strategic Outsourcing: An International Journal**, 6(1), 25–47.

- Steinrücke, Martin (2011), “An Approach to Integrate Production-Transportation Planning and Scheduling in an Aluminium Supply Chain Network”, **International Journal of Production Research**, 49(21), 6559–6583.
- Steinrücke, Martin ve Albrecht, Wolfgang (2016), “A Flow-To-Equity Approach to Coordinate Supply Chain Network Planning and Financial Planning with Annual Cash Outflows to an Institutional Investor”, **Business Research**, 9(2), 297–333.
- Steinrücke, Martin ve Jahr, Michael (2012), “Tactical Planning in Supply Chain Networks with Customer Oriented Single Sourcing”, the **International Journal of Logistics Management**, 23(2), 259–279.
- Subulan, Kemal vd. (2014), “An Improved Decoding Procedure and Seeker Optimization Algorithm for Reverse Logistics Network Design Problem”, **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, 27(6), 2703–2714.
- Subulan, Kemal, Baykasoğlu, Adil, vd. (2015), “A Case-Oriented Approach to a Lead/Acid Battery Closed-Loop Supply Chain Network Design under Risk and Uncertainty”, **Journal of Manufacturing Systems**, 37, 340–361.
- Subulan, Kemal, Taşan, A. Serdar, vd. (2015), “A Fuzzy Goal Programming Model to Strategic Planning Problem of a Lead/Acid Battery Closed-Loop Supply Chain”, **Journal of Manufacturing Systems**, 37, 243–264.
- Sun, Jianfeng vd. (2013), “Parametric Optimization of Selective Laser Melting for Forming Ti6Al4V Samples by Taguchi Method”, **Optics & Laser Technology**, 49, 118–124.
- Sun, Y. vd. (2017), “Optimization of a Regional Distribution Center Location for Parts of End-Of-Life Vehicles”, **Simulation**, 003754971770804.
- Taki, Peyman vd. (2016), “Risk-Pooling Strategy, Lead Time, Delivery Reliability and Inventory Control Decisions in a Stochastic Multi-Objective Supply Chain Network Design”, **Annals of Operations Research**, 244(2), 619–646.
- Talaei, Mohammad vd. (2016), “A Robust Fuzzy Optimization Model for Carbon-Efficient Closed-Loop Supply Chain Network Design Problem: A Numerical Illustration in Electronics Industry”, **Journal of Cleaner Production**, 113, 662–673.
- Tanksale, Ajinkya ve Jha, Jitendra K. (2019), “Benders Decomposition Approach with Heuristic Improvements for the Robust Foodgrain Supply Network Design Problem”, **Journal of the Operational Research Society**, 0(0), 1–21.
- Tanonkou, Guy-Aimé vd. (2008), “Design of Stochastic Distribution Networks Using Lagrangian Relaxation”, **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, 5(4), 597–608.
- Tapia-Ubeda, Francisco J. vd. (2018), “A Generalized Benders Decomposition Based Algorithm for

- an Inventory Location Problem with Stochastic Inventory Capacity Constraints”, **European Journal of Operational Research**, 267(3), 806–817.
- Tarimoradi, Mosahar vd. (2017), “Evolutionary Fuzzy Intelligent System for Multi-Objective Supply Chain Network Designs: An Agent-Based Optimization State of the Art”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 28(7), 1551–1579.
- Taskhiri, Mohammad Sadegh vd. (2016), “Sustainable Logistics Network for Wood Flow Considering Cascade Utilisation”, **Journal of Cleaner Production**, 110, 25–39.
- Tavana, Madjid vd. (2017), “Multi-Stage Supply Chain Network Solution Methods: Hybrid Metaheuristics and Performance Measurement”, **International Journal of Systems Science: Operations & Logistics**, 0(0), 1–18.
- Taxakis, Kostis ve Papadopoulos, Chrissoleon (2016), “A Design Model and a Production–Distribution and Inventory Planning Model in Multi-Product Supply Chain Networks”, **International Journal of Production Research**, 54(21), 6436–6457.
- Temur, Gül Tekin ve Bolat, Bersam (2017), “Evaluating Efforts to Build Sustainable WEEE Reverse Logistics Network Design: Comparison of Regulatory and Non-Regulatory Approaches”, **International Journal of Sustainable Engineering**, 10(6), 358–383.
- Tettamanzi, Andrea ve Tomassini, Marco (2001), “Evolutionary Algorithms”, **Soft Computing**, 1st Edition içinde (1–48), Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Thanh, Phuong Nga vd. (2008), “A Dynamic Model for Facility Location in the Design of Complex Supply Chains”, **International Journal of Production Economics**, 113(2), 678–693.
- \_\_\_\_\_ (2010), “A Linear Relaxation-Based Heuristic Approach for Logistics Network Design”, **Computers and Industrial Engineering**, 59(4), 964–975.
- \_\_\_\_\_ (2012), “A DC Programming Heuristic Applied to the Logistics Network Design Problem”, **International Journal of Production Economics**, 135(1), 94–105.
- Tian, Junfeng ve Yue, Jinfeng (2014), “Bounds of Relative Regret Limit in P-Robust Supply Chain Network Design”, **Production and Operations Management**, 23(10), 1811–1831.
- Tiwari, Anurag vd. (2012), “A Highly Optimised Tolerance-Based Approach for Multi-Stage, Multi-Product Supply Chain Network Design”, **International Journal of Production Research**, 50(19), 5430–5444.
- Tiwari, Manoj Kumar vd. (2010), “A Hybrid Taguchi-Immune Approach to Optimize an Integrated Supply Chain Design Problem with Multiple Shipping”, **European Journal of Operational Research**, 203(1), 95–106.
- Tognetti, Alice vd. (2015), “Green Supply Chain Network Optimization and the Trade-Off Between Environmental and Economic Objectives”, **International Journal of Production Economics**,

170, 385–392.

- Torabi, S. A. vd. (2016), “An Enhanced Possibilistic Programming Approach for Reliable Closed-Loop Supply Chain Network Design”, **International Journal of Production Research**, 54(5), 1358–1387.
- Tsang, Hamilton C. vd. (2018), “Streamlining A Blood Center and Hospital Transfusion Service Supply Chain with an Informatics Vendor-Managed Inventory Solution: Development, Implementation, and 3-Month Follow-Up”, **Transfusion**, 58(7), 1718–1725.
- Tsao, Yu Chung vd. (2018), “Designing Sustainable Supply Chain Networks under Uncertain Environments: Fuzzy Multi-Objective Programming”, **Journal of Cleaner Production**, 174, 1550–1565.
- Tunali, Semra vd. (2011), “Setting Order Promising Times in a Supply Chain Network Using Hybrid Simulation-Analytical Approach: An Industrial Case Study”, **Simulation Modelling Practice and Theory**, 19(9), 1967–1982.
- Türk Kızılayı (2019), “Kan Hizmetleri - Dünyada ve Türkiye’de Kan Bankacılığı”, <https://www.kanver.org/sayfa/e-kutuphane/dunyada-ve-turkiye-de-kan-bankaciligi/43> (20.03.2019).
- Upadhyay, Sheetanshu (2019). “Frozen Food Market Size, Share, Growth & Industry Trends”, <https://www.alliedmarketresearch.com/frozen-food-market> (15.05.2019).
- Valan, J. Arul ve Raj, E. Babu (2018), “Machine Learning and Big Data Analytics in IoT Based Blood Bank Supply Chain Management System”, **International Journal of Advanced Engineering, Management and Science**, 4(12), 805–811.
- Validi, Sahar vd. (2014), “Integrated Low-Carbon Distribution System for the Demand Side of a Product Distribution Supply Chain: A DoE-Guided MOPSO Optimiser-Based Solution Approach”, **International Journal of Production Research**, 52(10), 3074–3096.
- Varsei, Mohsen ve Polyakovskiy, Sergey (2017), “Sustainable Supply Chain Network Design: A Case of the Wine Industry in Australia”, **Omega (United Kingdom)**, 66, 236–247.
- Vidarthi, Navneet vd. (2009), “Response Time Reduction in Make-To-Order and Assemble-To-Order Supply Chain Design”, **IIE Transactions**, 41(5), 448–466.
- Waldemarsson, Martin vd. (2017), “How Energy Price Changes Can Affect Production- and Supply Chain Planning – A Case Study at a Pulp Company”, **Applied Energy**, 203, 333–347.
- Wang, Jun-Zhong vd. (2012), “Advanced Sales and Operations Planning Framework in a Company Supply Chain”, **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, 25(3), 248–262.
- Wang, Xiaofeng vd. (2011), “Optimal Design of Reverse Logistics Network on E-Waste in

- Shanghai”, **International Journal of Networking and Virtual Organisations**, 8(3/4), 209.
- Wang, Yong vd. (2015), “A Two-Echelon Neighborhood Search Algorithm for a Forwarder’s Job Assignment in a Multi-Agent Logistics Network.”, **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, 32(3), 1.
- Wei, Hairui ve Dong, Ming (2019), “Import-Export Freight Organization and Optimization in the Dry-Port-Based Cross-Border Logistics Network under the Belt and Road Initiative”, **Computers & Industrial Engineering**.
- Weigel, Glenn vd. (2009), “A Modeling Framework for Maximizing Value Creation in Pulp and Paper Mills”, **Infor**, 47(3), 247–260.
- Westgren, Randall E. (1998), “Innovation and Future Directions of Supply Chain Management in US Agri-Food”, **Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d’agroéconomie**, 46(4), 519–524.
- Wilhelm, Wilbert vd. (2013), “Computational Comparison of Two Formulations for Dynamic Supply Chain Reconfiguration with Capacity Expansion and Contraction”, **Computers and Operations Research**, 40(10), 2340–2356.
- Woo, Young-Bin ve Kim, Byung Soo (2019), “A Genetic Algorithm-Based Matheuristic for Hydrogen Supply Chain Network Problem with Two Transportation Modes and Replenishment Cycles”, **Computers & Industrial Engineering**, 127(November 2018), 981–997.
- Wu, Gen Han vd. (2018), “Comparisons of Interactive Fuzzy Programming Approaches for Closed-Loop Supply Chain Network Design under Uncertainty”, **Computers and Industrial Engineering**, 125(September), 500–513.
- Wu, Ting ve Zhang, Kaike (2014), “A Computational Study for Common Network Design in Multi-Commodity Supply Chains”, **Computers and Operations Research**, 44, 206–213.
- Xu, Jiuping vd. (2009), “A Class of Random Fuzzy Programming and Its Application to Supply Chain Design”, **Computers and Industrial Engineering**, 56(3), 937–950.
- Xu, Zhitao vd. (2017), “Emission Policies and Their Analysis for the Design of Hybrid and Dedicated Closed-Loop Supply Chains”, **Journal of Cleaner Production**, 142, 4152–4168.
- Yadegari, Ehsan vd. (2015), “A Flexible Integrated Forward/ Reverse Logistics Model with Random Path-Based Memetic Algorithm.”, **Iranian Journal of Management Studies**, 8(2), 287–313.
- Yadollahinia, Maedeh vd. (2018), “Tire Forward and Reverse Supply Chain Design Considering Customer Relationship Management”, **Resources, Conservation and Recycling**, 138(July), 215–228.
- Yang, Guo Qing vd. (2015), “Multi-Objective Biogeography-Based Optimization for Supply Chain Network Design under Uncertainty”, **Computers and Industrial Engineering**, 85, 145–156.

- Yang, Guoqing ve Liu, Yankui (2015), “Designing Fuzzy Supply Chain Network Problem by Mean-Risk Optimization Method”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 26(3), 447–458.
- Yang, W. H. ve Tarng, Y. S. (1998), “Design Optimization of Cutting Parameters for Turning Operations Based on the Taguchi Method”, **Journal of Materials Processing Technology**, 84(1–3), 122–129.
- Yang, Xin-She (2010), **Engineering Optimization: An Introduction with Metaheuristic Applications**, John Wiley & Sons, Inc.
- Yanık, Seda (2015), “Reverse Logistics Network Design under the Risk of Hazardous Materials Transportation”, **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, 21(5), 1277–1298.
- Yegül, Mert (2016), **Blood Supply Networ Design**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yi, Pengxing vd. (2016), “A Retailer Oriented Closed-Loop Supply Chain Network Design for End of Life Construction Machinery Remanufacturing”, **Journal of Cleaner Production**, 124, 191–203.
- Yılmaz Balaman, Şebnem ve Selim, Hasan (2014), “A Fuzzy Multiobjective Linear Programming Model for Design and Management of Anaerobic Digestion Based Bioenergy Supply Chains”, **Energy**, 74(C), 928–940.
- Yin, Sisi vd. (2016), “A Game Theoretic Model for Coordination of Single Manufacturer and Multiple Suppliers with Quality Variations under Uncertain Demands”, 2674(June 2017).
- Ying-Hua, Chang (2010), “Adopting Co-Evolution and Constraint-Satisfaction Concept on Genetic Algorithms to Solve Supply Chain Network Design Problems”, **Expert Systems with Applications**, 37(10), 6919–6930.
- Yolmeh, Abdolmajid ve Salehi, Najmeh (2015), “An Outer Approximation Method for an Integration of Supply Chain Network Designing and Assembly Line Balancing under Uncertainty”, **Computers and Industrial Engineering**, 83, 297–306.
- Yu, Juan vd. (2018), “Multi-Objective Models and Real Case Study for Dual-Channel FAP Supply Chain Network Design with Fuzzy Information”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 29(2), 389–403.
- Zahiri, Behzad vd. (2015), “Blood Collection Management: Methodology and Application”, **Applied Mathematical Modelling**, 39(23–24), 7680–7696.
- Zahiri, Behzad, Torabi, S. Ali, vd. (2018), “A Multi-Stage Stochastic Programming Approach for Blood Supply Chain Planning”, **Computers and Industrial Engineering**, 122(May), 1–14.
- Zahiri, Behzad, Jula, Peyman, vd. (2018), “Design of a Pharmaceutical Supply Chain Network under

- Uncertainty Considering Perishability and Substitutability of Products”, **Information Sciences**, 423, 257–283.
- Zahiri, Behzad vd. (2017), “Toward an Integrated Sustainable-Resilient Supply Chain: A Pharmaceutical Case Study”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 103, 109–142.
- Zahiri, Behzad ve Pishvaei, Mir Saman (2017), “Blood Supply Chain Network Design Considering Blood Group Compatibility under Uncertainty”, **International Journal of Production Research**, 55(7), 2013–2033.
- Zakeri, Atefe vd. (2015), “Carbon Pricing Versus Emissions Trading: A Supply Chain Planning Perspective”, **International Journal of Production Economics**, 164, 197–205.
- Zamarripa, Miguel A. vd. (2012), “Improving Supply Chain Planning in a Competitive Environment”, **Computers and Chemical Engineering**, 42, 178–188.
- \_\_\_\_\_ (2013), “Mathematical Programming and Game Theory Optimization-Based Tool for Supply Chain Planning in Cooperative/Competitive Environments”, **Chemical Engineering Research and Design**, 91(8), 1588–1600.
- Zhang, Linda Lianfeng vd. (2016), “An Integrated Model for Strategic Supply Chain Design: Formulation and ABC-Based Solution Approach”, **Expert Systems with Applications**, 52, 39–49.
- Zhang, Shuzhu vd. (2016), “Multi-Objective Optimization for Sustainable Supply Chain Network Design Considering Multiple Distribution Channels”, **Expert Systems with Applications**, 65, 87–99.
- Zhang, Wei ve Xu, Di (2014), “Integrating the Logistics Network Design with Order Quantity Determination under Uncertain Customer Demands”, **Expert Systems with Applications**, 41(1), 168–175.
- Zhang, Wenyu vd. (2017), “Concurrent Optimal Allocation of Distributed Manufacturing Resources Using Extended Teaching-Learning-Based Optimization”, **International Journal of Production Research**, 55(3), 718–735.
- Zheng, Xiaojin vd. (2019), “Integrated Optimization of Location, Inventory and Routing in Supply Chain Network Design”, **Transportation Research Part B: Methodological**, 121, 1–20.
- Zhou, Gengui vd. (2003), “A Genetic Algorithm Approach to the Bi-Criteria Allocation of Customers to Warehouses”, **International Journal of Production Economics**, 86(1), 35–45.
- Zhou, Yuan vd. (2017), “The Impacts of Carbon Tariff on Green Supply Chain Design”, **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, 14(3), 1542–1555.
- Zhuan, Wang vd. (2008), “4/R/I/T Distribution Logistics Network 0-1 Programming Model and



- Application”, **Bahinipati, B.K.**, 55(2), 365–378.
- Zigiaris, Sotiris (2000), *Supply Chain Management: INNOREGIO Dissemination of Innovation and Knowledge Management Techniques*.
- Zijm, Henk vd. (2019), “Operations, Logistics and Supply Chain Management: Definitions and Objectives”, **Operations, Logistics and Supply Chain Management**, içinde (27–42), Springer International Publishing.
- Zohal, Mostafa ve Soleimani, Hamed (2016), “Developing an Ant Colony Approach for Green Closed-Loop Supply Chain Network Design: A Case Study in Gold Industry”, **Journal of Cleaner Production**, 133, 314–337.
- Zokaee, Shiva vd. (2017), “Robust Supply Chain Network Design: An Optimization Model with Real World Application”, **Annals of Operations Research**, 257(1–2), 15–44.



**EKLER**

**Ek 1-A: Tedarik Zinciri Ağ Tasarımına İlişkin Çalışmaların Listesi ve Anahtar Kelimelere Göre Dağılımı**

<b>Anahtar Kelime (Veri Tabanı)</b>	<b>Çalışmanın Yazar(lar)ı (Yılı)</b>
"logistics network" (Business Source Complete)	Wang vd. (2011), Hiremath vd. (2013), Rajabalipour Cheshmehgaz vd. (2014), Wang vd. (2015), Yadegari vd. (2015), Li vd. (2016), Fattahi ve Govindan (2017), Palacio vd. (2018)
"reverse logistics network" (Business Source Complete)	Chu vd. (2010), Subulan vd. (2014)
"supply chain design" (Business Source Complete)	Ioannou vd. (2004), Shen ve Daskin (2005), Qi ve Shen (2007), Tanonkou vd. (2008), Huang vd. (2009), Kauder ve Meyr (2009), Mak ve Shen (2009), Khalaf vd. (2010), Qi vd. (2010), Lien vd. (2011), Liang ve Wilhelm (2013), Chiu ve Okudan (2014), Chiu ve Okudan Kremer (2014), Marufuzzaman, Ekşiöglü ve Hernandez (2014), Tian ve Yue (2014), Fiorenco vd. (2015), Guerrero vd. (2015), Petridis (2015), Lim vd. (2016), Steinrückte ve Albrecht (2016), Mousavi vd. (2017), Quintero-Araujo vd. (2017), Rafique vd. (2017), Samet vd. (2017), Zhou vd. (2017), Zokace vd. (2017), Fathian vd. (2018)
"supply chain network" (Business Source Complete)	Rajeshkumar ve Rameshbabu (2006), Sha ve Che (2006), Ozsen vd. (2009), Azad vd. (2013), Klibi ve Martel (2013), Hamad ve Fares Gualda (2014), Yang ve Liu (2015), Bai ve Liu (2016), Fattahi vd. (2016), Marufuzzaman ve Ekşiöglü (2016), Taki vd. (2016), Kumar vd. (2017), Rezaee vd. (2017), Tarimoradi vd. (2017), Barzinpour ve Taki (2018), Yu vd. (2018), Jabbarzadeh vd. (2019), Poudel vd. (2019)
"supply chain planning" (Business Source Complete)	Gaonkar ve Viswanadham (2005), Gaonkar ve Viswanadham (2007), Nishi vd. (2008), Poojari vd. (2008), Peidro, Mula ve Poler (2010), Adulyasak vd. (2014a), Adulyasak vd. (2014b), David vd. (2015), Lalmazloumian vd. (2016)
"supply network design" (Business Source Complete)	Pan vd. (2014)
"logistics network" (Emerald Insight)	Hong vd. (2015)
"supply chain design" (Emerald Insight)	Shukla vd. (2011), A. Mohammed vd. (2017), Mohammed ve Wang (2017a), AlHusain ve Khorramshahgol (2018)
"supply chain network" (Emerald Insight)	Prakash vd. (2017), X. Cheng vd. (2018)
"supply chain planning" (Emerald Insight)	Steinrückte ve Jahr (2012), Chandrasekaran ve Ranganathan (2017)
"logistics network" (Sage Journals)	Sun vd. (2017)
"supply chain design" (Sage Journals)	Bhaumik (2015)
"supply chain network" (Sage Journals)	Hamta vd. (2016)
"supply chain planning" (Sage Journals)	Che vd. (2012)

**Ek 1-A (devami)**

Anahatar Kelime (Veri Tabanı)	Çalışmanın Yazar(lar)ı (Yılı)
“logistics network” (ScienceDirect)	Aras vd. (2008), Zhuan vd. (2008), Cruz-Rivera ve Ertel (2009), Lee vd. (2009), Lin vd. (2009), Qin vd. (2009), Mir Saman Pishvae vd. (2010), Parker vd. (2010), Thanh vd. (2010), Koca ve Yildirim (2012), Thanh vd. (2012), Eskandarpour vd. (2013), Xiaopeng Li (2013), Gzara vd. (2014), Hatefi ve Jolai (2014), Lee ve Moon (2014), Roghanian ve Pazhoheshfar (2014), Zhang ve Xu (2014), Ayvaz vd. (2015), Baykasoğlu ve Subulan (2015), Cortinhal vd. (2015), Ferri vd. (2015), Adenso-Diaz vd. (2016), Mohammadi vd. (2016), Taskhiri vd. (2016), Zohal ve Soleimani (2016), Guo vd. (2017), Banguera vd. (2018), C. Cheng vd. (2018), Chung vd. (2018), Liao (2018), Rahimi ve Ghezavati (2018), Wei ve Dong (2019)
“supply chain design” (ScienceDirect)	George Ioannou (2005), Hugo ve Pistikopoulos (2005), Gaur ve Ravindran (2006), Lamothe vd. (2006), Hoai An vd. (2007), Max Shen ve Qi (2007), Frota Neto vd. (2008), Liang ve Wilhelm (2008), Naraharisetti vd. (2008), Thanh vd. (2008), Hammami vd. (2009), Schütz vd. (2009), Xu vd. (2009), Ahmadi Javid ve Azad (2010), Naraharisetti ve Karimi (2010), Tiwari vd. (2010), An vd. (2011), Cardona-Valdés vd. (2011), Corsano ve Montagna (2011), Alex Marvin vd. (2012), Baud-Lavigne vd. (2012), Baumgartner vd. (2012), Chaabane vd. (2012), Elhedhli ve Merrick (2012), Funaki (2012), Haitao Li ve Womer (2012), Jamshidi vd. (2012), Lundin (2012), Mallidis vd. (2012), De Rosa vd. (2013), Mansoornejad vd. (2013), Moncayo-Martínez ve Zhang (2013), Olivares-Benítez vd. (2013), Özkir ve Başlıgil (2013), Wilhelm vd. (2013), Álvarez-Socarrás vd. (2014), Baud-Lavigne vd. (2014), Cardona-Valdés vd. (2014), Govindan vd. (2014), Grigoroudis vd. (2014), Hammami ve Frein (2014), Jin vd. (2014), Li ve Hu (2014), Madadi, Kurz, Taaffe, vd. (2014), Madadi, Kurz, Mason, vd. (2014), Marufuzzaman, Ekşiöglü, Li, vd. (2014), Roni vd. (2014), Wu ve Zhang (2014), Yilmaz Balaman ve Selim (2014), Garcia-Flores vd. (2015), Jamshidi vd. (2015), Nunes vd. (2015), Aalaei ve Davoudpour (2016), Almansoori ve Betancourt-Toreat (2016), Baud-Lavigne vd. (2016), Cui vd. (2016), Fahimnia ve Jabbarzadeh (2016), Noura vd. (2016), L. L. Zhang vd. (2016), Brunaud vd. (2017), Y. W. Chen vd. (2017), Da Silveira Farias vd. (2017), Fahimnia vd. (2017), Mohammed ve Wang (2017b), Rahmani ve Mahoodian (2017), Ramezani ve Behboodi (2017), Xu vd. (2017), Allaoui vd. (2018), Balaman vd. (2018), Bortolini vd. (2018), Chávez vd. (2018), Costa vd. (2018), Mirhashemi vd. (2018), Mota vd. (2018), Rohaninejad vd. (2018a), Rohaninejad vd. (2018b), Ochoa Bique ve Zondervan (2018)
“supply chain modelling” (ScienceDirect)	Cjerdrum vd. (2002), Gunnarsson ve Rönnqvist (2008), Li vd. (2009), Lidestam ve Rönnqvist (2011)
“supply chain network” (ScienceDirect)	Zhou vd. (2003), Santoso vd. (2005), Almansoori ve Shah (2006), Altıparmak vd. (2006), Shen (2006), Kim ve Moon (2008), Ross ve Jayaraman (2008), Altıparmak vd. (2009), Chan ve Kumar (2009), Hsu ve Li (2009), Che vd. (2009), Das ve Sengupta (2009), Gumus vd. (2009), Mohammadi Bidhandi vd. (2009), Costa vd. (2010), Paksoy ve Chang (2010), Pishvae ve Torabi (2010), Ying-Hua (2010), Hsu ve Li (2011), Haslenda ve Jamaludin (2011), Kim vd. (2011), Pishvae ve Rabbani (2011), Mohammadi Bidhandi ve Mohd Yusuff (2011), Rezapour vd. (2011), Tunali vd. (2011), Bashiri vd. (2012), Carle vd. (2012), Melo vd. (2012), Pishvae ve Razmi (2012), Pazoki vd. (2012), Pishvae vd. (2012), Sadjady ve Davoudpour (2012), Badri vd. (2013), Baghalian vd. (2013), Correia vd. (2013), Fazlollahabbar vd. (2013), Lin ve Wu (2013), Longinidis ve Georgiadis (2013), Pan ve Nagi (2013), Razmi vd. (2013), Dayhim vd. (2014), Huang ve Goetschalckx (2014), Jabbarzadeh vd. (2014), Kchaou Boujelben vd. (2014), Longinidis ve Georgiadis (2014), Nekooghadiri vd. (2014), Ozgen ve Gulsun (2014), Özceylan vd. (2014), Saif ve Almansoori (2014), Shahabi vd. (2014), Bazmi vd. (2015), De Matta ve Miller (2015), Ghodrattama vd. (2015), Guo vd. (2015), He vd. (2015), Kalaitzidou vd. (2015), Govindan vd. (2015), Liotta vd. (2015), Marti vd. (2015), Fattahi vd. (2015), Mousazadeh vd. (2015), Pop vd. (2015), Sarrafha vd. (2015), Sharifzadeh vd. (2015), Subulan, Baykasoğlu, vd. (2015), Subulan, Taşan, vd. (2015), Tognetti vd. (2015), Yang vd. (2015), Yolmeh ve Salehi (2015), Ardalan vd. (2016), Coskun vd. (2016), Hasani ve Khosrojerdi (2016), Jabbarzadeh vd. (2016), Kchaou Boujelben vd. (2016), Klibi vd. (2016), Ma vd. (2016), Mohseni vd. (2016), Shaw vd. (2016), Poudel vd. (2016a), Poudel vd. (2016b), Talaie vd. (2016), Yi vd. (2016), S. Zhang vd. (2016), Arampantzi ve Minis (2017), Badri vd. (2017), Zahiri vd. (2017), Canales-Bustos vd. (2017), Castillo-Villar vd. (2017), Chatzikontidou vd. (2017), Cui vd. (2017), Diabat vd. (2017), Eskandarpour vd. (2017), Farrokhi vd. (2017), Feitó-Cespón vd. (2017), Gholamian ve Taghanzadeh (2017), Jiang vd. (2017), Kannan Govindan ve Fattahi (2017), Marufuzzaman ve Ekşiöglü (2017), Miranda-Ackerman vd. (2017), Miranda-Ackerman ve Azzaro-Pantel (2017), Mohammad Fattahi vd. (2017)

**Ek 1-A (devami)**

Anahar Kelime (Veri Tabanı)	Çalışman Yazar(lar)ı (Yıl)
“supply chain network” (ScienceDirect)	Mohammadi Bidhandi ve Patrick (2017), F. Mohammed vd. (2017), Pedram vd. (2017), Pham ve Yénradee (2017), Schuster Puga ve Tancerez (2017), Varsei ve Polyakovskiy (2017), Aguirre vd. (2018), Ahn ve Han (2018), Alavi ve Jabbarzadeh (2018), Aras ve Bilge (2018), Bairamzadeh vd. (2018), Dai vd. (2018), Dehghan vd. (2018), Delghani vd. (2018), Diabat vd. (2018), Doolun vd. (2018), Ezzati vd. (2018), Gen vd. (2018), Ghelichi vd. (2018), Guazzelli ve Cunha (2018), Jahani vd. (2018), Jabbarzadeh, Haughton, vd. (2018), Jerbia vd. (2018), Ma ve Li (2018), Fattahi vd. (2018), Qudus vd. (2018), Sadeghi Rad ve Nahavandi (2018), Saghaceian ve Ramezani (2018), Shahabi vd. (2018), Sahebjamnia vd. (2018), Salimi ve Vahdani (2018), Savadkoobi vd. (2018), Shamekhi Amiri vd. (2018), Tapia-Ubeda vd. (2018), Tsao vd. (2018), Wu vd. (2018), Li ve Zhang (2018), Yadollahinia vd. (2018), Zahiri, Jula, vd. (2018), Alizadeh vd. (2019), Azad ve Hassini (2019), Cortinhal vd. (2019), Dorrington ve Olsen (2019), Ghahremani-Nahr vd. (2019), Govindan vd. (2019), Kaboli Chalmardi ve Camacho-Vallejo (2019), Lee vd. (2019), Rahimi vd. (2019), Snoeck vd. (2019), Woo ve Kim (2019), Zheng vd. (2019)
“supply chain planning” (ScienceDirect)	Gupta vd. (2000), Ryu vd. (2004), Hugo vd. (2005), Choi vd. (2005), Dudek ve Stadler (2005), Feng vd. (2008), Jung, Frank Chen, vd. (2008), Jung, Jeong, vd. (2008), Sousa vd. (2008), Peidro vd. (2009), Bilgen (2010), Peidro, Mula, Jiménez, vd. (2010), Bai vd. (2011), Schütz ve Tomaszgard (2011), Chen ve Fan (2012), Zamarripa vd. (2012), Jourdani vd. (2013), Zamarripa vd. (2013), Diaz-Madroñero vd. (2014), Boukherroub vd. (2015), Milne vd. (2015), Zakeri vd. (2015), Hjaïla vd. (2016), Ivanov vd. (2016), Rezapour vd. (2016), Osmani ve Zhang (2017), Waldemarsson vd. (2017), Avraamidou ve Pistikopoulos (2018), Escudero vd. (2018), Fahimnia vd. (2018), Gao vd. (2018), Marques vd. (2018), Megahed ve Goetschalckx (2018), Ogumerem vd. (2018), Rowshannahad vd. (2018), Ruiz-Torres vd. (2018), Zahiri, Torabi, vd. (2018)
“supply network design” (ScienceDirect)	Jang vd. (2002), Kara ve Onut (2010), Klibi ve Martel (2012), Kannegisser vd. (2015), Rentizelas vd. (2018)
“logistics network” (Taylor & Francis Online)	Candas ve Kutanoglu (2007), Liu ve Zhao (2012), Frias vd. (2014), Yamk (2015), Chari vd. (2016), Ghaffari-Nasab vd. (2016), Torabi vd. (2016), C. Chen vd. (2017), Fazili vd. (2017), Temur ve Bolat (2017), Oz ve Ergülen (2018)
“supply chain design” (Taylor & Francis Online)	Butler vd. (2006), Azad ve Ameli (2008), Elhedhli ve Gzara (2008), Paquet vd. (2008), Schaller (2008), Vidyarthi vd. (2009), Weigel vd. (2009), Gokhan vd. (2010), Chaabane vd. (2011), Ahmadi-Javid ve Seddighi (2012), Creazza vd. (2012), Li ve Amini (2012), Mak ve Shen (2012), Paksoy vd. (2012), Paksoy ve Özceylan (2012), Tiwari vd. (2012), Bennekrouf vd. (2013), Hammami ve Frein (2013), Altmann (2015), Amini ve Li (2015), Kellar vd. (2016), Pereira ve Vila (2016), Zahiri ve Pishvae (2017), Jin vd. (2017), Hammami vd. (2017), Salem ve Haouari (2017), Zhang vd. (2017), Arampantzi vd. (2018), Adenso-Díaz vd. (2018), Deutsch ve Golany (2018), Guo vd. (2018), Jabbarzadeh, Fahimnia, vd. (2018), Namdar vd. (2018)
“supply chain modelling” (Taylor & Francis Online)	Gjerdrum vd. (2005), Acar vd. (2010)
“supply chain network” (Taylor & Francis Online)	Min vd. (2005), K.-H. Chen vd. (2009), Alzaman vd. (2010), Azad ve Davoudpour (2010), Lee vd. (2010), Steinrück (2011), Castillo-Villar vd. (2012), Hasani vd. (2012), Özkır ve Başlıgil (2012), Şenyiğit (2012), Shaw vd. (2013), Fallah-Tafti vd. (2014), Özceylan ve Paksoy (2014), Validi vd. (2014), Ashtab vd. (2015), Hasani vd. (2015), Khalili-Damghani ve Tajik-Khavel (2015), Hamta vd. (2015), Shu vd. (2015), Colicchia vd. (2016), Dai (2016), Dai ve Dai (2016), Dai ve Li (2017), Khosrojerdi vd. (2016), Manatkar vd. (2016), Pasandideh ve Asadi (2016), Taxakis ve Papadopoulos (2016), Dotoli vd. (2017), Keshavarz Ghorabae vd. (2017), Omrani vd. (2017), Tavana vd. (2017), Mahmoodi (2019), Nobari vd. (2019), Tanksale ve Jha (2019)
“supply chain planning” (Taylor & Francis Online)	Genin vd. (2008), Sepulveda Rojas ve Frein (2008), Jung ve Jeong (2012), Wang vd. (2012), Fahimnia vd. (2013), Darvish vd. (2016), Yin vd. (2016), Lu vd. (2018), J.-Sharahi vd. (2018), Ahmadi vd. (2019)
“supply network design” (Taylor & Francis Online)	Meisel ve Bierwirth (2014)

## Ek 1-B: Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Sınıflandırmasında Kullanılan Kısaltmalar

Amaç Türleri	Kısaltmalar	Model Çıktı Türleri	Kısaltmalar
Ağ Etkinlik Maksimizasyonu	AEM	Araç Sayısı	AS
Çevre Kirliliği Minimizasyonu	ÇKM	Atılan/Bozulan Ürün Miktarı	ABÜM
Dağıtım Süresi Minimizasyonu	DSM	Çevrim Süresi	ÇS
Emisyon Minimizasyonu	EM	Diğer Değişkenler	DD
Fırsat Kaybı Minimizasyonu	FKM	Nakit Akış Miktarı	NAM
Geri Dönüşüm Maksimizasyonu	GDM	Periyot Seçimi	PS
Hizmet Maksimizasyonu	HM	Rota Seçimi	RS
Kapasite Kullanımı Maksimizasyonu	KKM	Senaryo Seçimi	SS
Kar/Fayda Maksimizasyonu	KFM	Stok Miktarı	SM
Maliyet Minizasyonu	MM	Tahsis/Atama Kararı	TAK
Net Bugünkü Değer Maksimizasyonu	NBDM	Talep Karşılama Miktarı	TKM
Risk Minimizasyonu	RM	Taşıma Miktarı	TM
Sosyal Fayda Maksimizasyonu	SFM	Taşıma Türü	TT
Stok Minimizasyonu	SM	Tedarikçi Seçimi	TS
Stoksuz Kalma Oranı Minimizasyonu	SKM	Teknoloji Seçimi	TSEC
Talep Karşılama Maksimizasyonu	TKM	Tesis/Araç Kapasitesi	TK
Toplam Güvenirlik Maksimizasyonu	TGM	Teslimat Süresi	TES
Uzaklık Maksimizasyonu	UM	Tur Sayısı	TUR
Ürün Bozulma Oranı Minimizasyonu	ÜBOM	Üretim Miktarı	ÜM
Ürün Toplama Maksimizasyonu	ÜTM	Ürün Fiyatı	ÜF
<b>Çözüm Teknikleri</b>	<b>Kısaltmalar</b>	Ürün Seçimi	ÜS
Analitik Hiyerarşi Prosesi	AHP	Ürün Sipariş Miktarı	ÜSM
Baskın Olmayan Sıralama Bazlı Genetik Algoritma	NSGA-II	Ürün Tahsisi	ÜT
Bender Ayırıştırma Algoritması	BAA	Yeniden Sipariş Noktası	YSN
Benzetilmiş Tavlama Algoritması	BT	Yer Seçimi	YS
Dal Sınır Algoritması	DSA	<b>Matematiksel Model Türü</b>	<b>Kısaltmalar</b>
Değişken Komşuluk Arama Algoritması	DKA	Bulanık Doğrusal Programlama	BDP
Denk Yardımcı Kesin Model	DYKM	Bulanık Hedef Programlama	BHP
Emperyalist Rekabetçi Algoritma	ERA	Bulanık Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama	BKTDOP
Evrimsel Algoritma	EA	Bulanık Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama	BKTDP
Genetik Algoritma	GA	Bulanık Karma Tamsayılı Programlama	BKTP
Hedef Programlama	HP	Bulanık Matematiksel Programlama	BMP
Karınca Kolonisi Optimizasyonu	KKO	Bulanık Tamsayılı Doğrusal Programlama	BTDP
Kesen Düzlem Tekniği	KDT	Doğrusal Olmayan Programlama	DOP
Lagrange Gevşetmesi Bazlı Sezgisel Algoritma	LGSA	Doğrusal Programlama	DP
Memetik Algoritma	MA	Hedef Programlama	HP
Oyun Teorisi	OT	Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama	KTDP
Örnekleme Ortalama Yaklaşımı	ÖOY	Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama	KTDP
Parçacık Sürü Optimizasyonu	PSO	Karma Tamsayılı Programlama	KTP
Sezgisel Tabanlı Algoritma	STA	Matematiksel Programlama	MP
Tabu Arama Algoritması	TA	Stokastik Programlama	SP
Torabi ve Hassini Yaklaşımı	TH	Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama	TDOP
Veri Zarflama Analizi	VZA	Tamsayılı Doğrusal Programlama	TDP
Yapay Arı Kolinisi	YAK	Tamsayılı Programlama	TP

**Ek 2-A: Kullanılması Planlanan Dolapların Kapasite, Elektrik Sarfıyatı ve Fiyat Bilgileri (2019 Yılı)**

Ürün	Kapasite (Ünite)	Aylık Elektrik Sarfıyatı (TL) (1kW/saat=0,62 TL)	Yıllık Elektrik Sarfıyatı (TL) (1kW/saat=0,62 TL)	Dolap Fiyatları (TL) (10 Yıl Kullanım Ömrü)	Yıllık Dolap Kullanımı Ücreti (TL)
Eritrosit	120	147,31	1.767,74	31.506,00	3.150,60
	294	312,48	3.749,76	46.492,00	4.649,20
	720	129,46	1.553,47	82.080,00	8.208,00
Trombosit	48	160,70	1.928,45	64.080,00	6.408,00
	54	223,20	2.678,40	31.506,00	3.150,60
	96	160,70	1.928,45	74.760,00	7.476,00
Plazma	280	200,88	2.410,56	43.198,40	4.319,84
	352	535,68	6.428,16	85.120,00	8.512,00
	384	1.071,36	12.856,32	98.800,00	9.880,00

**Ek 2-B: Ürün Ulaştırma İlişkin Veriler (2019 Yılı)**

Araç Kullanım Maliyeti
Aylık Araç Kirası Tüm Giderler (MTV, Sigorta, Kasko vb.) Dahil = 2.000 TL
Aylık Şoför Ücreti = 3.000 TL
Aylık Toplam (Araç Kirası Tüm Giderler (MTV, Sigorta, Kasko vb.) Dahil + Şoför Ücreti) = 5.000 TL
Yıllık Toplam (Araç Kirası Tüm Giderler (MTV, Sigorta, Kasko vb.) Dahil + Şoför Ücreti) = 60.000 TL
Araç Yakıt Tüketimi = 0,052 Lt/Km
1 Litre Yakıt Ücreti = 6,10 TL
1 Km Başına Düşen Yakıt Tüketimi Maliyeti = 0,32 TL
Araç Kullanım Kısıtları
Bir Aracın Alacağı Maksimum Mesafe $\leq$ 500 Km
Bir Aracın Maksimum Sevkiyat Süresi $\leq$ 8 Saat
Bir Aracın Bir Yıl İçerisinde Yapacağı Sevkiyat Sayısı = 83 Tur
Bir Tesise Ürün Dağıtım/Toplama Süresi
YKM Ürün Dağıtım/Toplama Süresi = 0,25 Saat
KBM Ürün Dağıtım/Toplama Süresi = 0,25 Saat

**Ek 2-C: Araç Ürün Taşıma Kapasitesi ve Elde Bulundurma Maliyetine İlişkin Veriler (2019 Yılı)**

Ürün	Araç Ürün Kapasitesi (Ünite)	Elde Bulundurma Maliyeti (TL/Ünite)
Eritrosit	250	16,70
Trombosit	75	90,26
Plazma	250	47,43

**Ek 2-D: YKM Açma ve Çalıştırma Maliyet Analizi Tablosu (2019 Yılı)**

Kapasite	Toplam Dolap Kullanım Maliyeti (TL/Yıl)	1 Sorumlu Çalışan (TL/Yıl) (Aylık Ücret=5000 TL)	Toplam (TL/Yıl)
$N_j = 1$	13.878,44	60.000,00	73.878,44
$N_j = 2$	16.311,80	60.000,00	76.311,80
$N_j = 3$	25.564,00	60.000,00	85.564,00

**Ek 2-E: TM'lerin Kan Ürünü Talep Matrisi (01.11.2016-31.10.2016 Yılı Verileri)**

Ürün	Tranfuzyon Merkezleri																		
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19
Eritrosit	17	17	2	3	3	7	15	18	7	16	60	80	9	13	3	23	82	1	16
Trombosit	3	3	1	1	0	1	1	1	1	2	16	23	1	1	1	1	17	0	1
Plazma	3	3	1	1	1	4	4	1	2	11	27	75	1	2	1	3	22	1	6
Ürün	Tranfuzyon Merkezleri																		
	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33	H34	H35	H36	H37	
Eritrosit	4	1	1	11	1	5	1	3	59	34	5	4	4	4	18	1	4	2	
Trombosit	0	0	0	3	1	1	1	1	5	4	1	0	0	1	2	0	0	0	
Plazma	1	1	1	6	1	1	1	1	7	9	3	1	1	1	5	0	1	0	



**Ek 2-F: Uzaklık Matrisi (Km)**

BKM	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
BKM	0,00	9,80	12,60	37,15	54,58	41,51	2,07	2,38	2,53	1,79	3,52	1,28	45,99	122,35	79,06	79,38	84,84	99,25	102,12	162,18
H1	12,21	0,00	2,80	47,49	64,92	51,85	10,37	14,65	13,50	12,84	10,91	17,50	36,19	132,69	89,39	89,72	95,18	109,59	113,56	173,62
H2	12,14	4,10	0,00	47,42	64,85	51,78	10,30	14,58	13,43	12,77	10,84	17,43	33,44	132,62	89,33	89,65	95,11	109,52	113,49	173,55
H3	38,41	46,33	49,13	0,00	26,17	13,10	40,41	40,35	37,57	37,75	40,55	35,10	82,52	93,94	50,65	50,97	56,43	70,84	131,86	191,92
H4	53,94	61,86	64,66	22,90	0,00	13,89	55,93	53,09	53,28	56,08	56,48	50,63	98,05	69,39	26,10	26,42	31,89	46,29	147,39	207,45
H5	43,29	51,21	54,01	12,25	13,95	0,00	45,29	42,45	42,63	45,44	45,83	39,99	87,41	81,72	38,42	38,75	44,21	58,62	136,74	196,80
H6	1,66	7,63	10,44	38,60	56,03	42,95	0,00	0,49	3,88	3,41	2,08	1,43	8,61	43,83	80,50	80,82	86,29	100,69	104,67	164,73
H7	1,24	7,49	10,29	38,45	55,88	42,81	0,44	0,00	3,81	2,96	2,71	1,01	8,46	43,68	80,35	80,68	86,14	100,55	104,52	164,58
H8	3,50	12,03	14,84	36,49	53,92	40,84	4,24	4,56	0,00	2,02	5,64	4,88	5,38	48,23	121,68	78,39	78,71	84,18	98,58	101,70
H9	1,77	11,46	14,26	34,90	52,33	39,25	5,54	5,49	2,56	0,00	6,95	6,08	4,91	47,66	120,10	76,80	77,12	82,59	96,99	100,97
H10	4,12	9,66	12,46	38,72	56,15	43,07	2,20	2,52	5,17	4,72	0,00	3,46	8,43	45,86	123,92	80,62	80,94	86,41	100,81	104,75
H11	0,67	9,05	11,85	37,77	55,20	42,12	1,59	1,03	3,15	2,41	3,49	0,00	6,41	45,25	122,97	79,67	79,99	85,46	99,86	102,73
H12	6,93	14,83	17,63	33,27	50,70	37,62	8,91	8,85	6,08	6,25	9,07	9,45	0,00	51,02	118,47	75,17	75,49	80,96	95,36	100,29
H13	45,49	37,46	33,42	80,78	98,21	85,13	43,65	43,60	47,93	46,78	46,13	44,19	50,79	0,00	165,98	122,68	123,00	128,47	142,87	150,86
H14	121,93	129,85	132,65	90,89	70,70	81,89	123,93	123,88	121,09	121,27	124,07	124,47	118,63	166,05	0,00	44,04	43,82	39,56	23,52	215,38
H15	78,55	86,47	89,27	47,51	27,32	38,51	80,55	80,50	77,71	77,89	80,69	81,09	75,25	122,67	43,88	0,00	0,32	6,37	20,77	172,00
H16	78,87	86,79	89,59	47,83	27,64	38,83	80,87	80,82	78,03	78,21	81,02	81,41	75,57	122,99	43,57	0,32	0,00	6,06	20,47	172,32
H17	84,41	92,33	95,13	53,37	33,18	44,36	86,40	86,35	83,56	83,75	86,55	86,94	81,10	128,52	39,36	6,51	6,30	0,00	16,25	177,86
H18	98,73	106,65	109,45	67,69	47,50	58,69	100,73	100,68	97,89	98,07	100,88	101,27	95,43	142,85	23,40	20,84	20,62	16,36	0,00	192,18
H19	102,81	110,71	113,52	130,03	147,46	134,38	104,79	104,74	101,97	102,14	104,95	105,33	99,74	146,91	215,23	171,93	172,25	177,72	192,12	0,00
H20	162,55	170,45	173,25	189,77	207,20	194,12	164,53	164,48	161,70	161,87	164,69	165,07	159,48	206,65	274,96	231,67	231,99	237,46	251,86	59,80
H21	191,89	199,79	202,59	219,11	236,54	223,46	193,87	193,82	191,05	191,21	194,03	194,41	188,82	235,99	304,31	261,01	261,33	266,80	281,20	89,14
H22	99,06	91,02	86,99	134,34	151,77	138,70	97,22	97,16	101,50	100,35	99,69	97,76	104,35	53,70	219,54	176,25	176,57	182,03	196,44	127,30
H23	145,09	137,05	133,02	180,38	197,81	184,73	143,25	143,20	147,53	146,38	145,72	143,79	150,39	99,74	265,57	222,28	222,60	228,07	242,47	173,33
H24	130,64	122,60	118,57	165,92	183,35	170,28	128,80	128,74	133,08	131,93	131,27	129,34	135,93	85,28	251,12	207,83	208,15	213,61	228,02	158,88
H25	131,97	123,93	119,90	167,25	184,68	171,61	130,12	130,07	134,41	133,25	132,60	130,67	137,26	86,61	252,45	209,15	209,48	214,94	229,35	160,21
H26	128,72	120,68	116,65	164,00	181,43	168,36	126,82	126,82	131,16	130,00	129,35	127,42	134,01	83,36	249,20	205,90	206,23	211,69	226,10	156,96
H27	130,84	122,80	118,77	166,12	183,55	170,48	129,00	128,95	133,28	132,13	131,47	129,54	136,13	85,48	251,32	208,03	208,35	213,81	228,22	159,08
H28	135,87	127,83	123,80	171,15	188,58	175,51	134,02	133,97	138,31	137,15	136,50	134,57	141,16	90,51	256,35	213,05	213,38	218,84	233,25	164,11
H29	125,40	117,36	113,33	160,68	178,11	165,04	123,56	123,50	127,84	126,69	126,03	124,10	130,69	80,04	245,88	202,58	202,91	208,37	222,78	153,64
H30	73,90	65,86	61,83	109,19	126,62	113,54	72,06	72,01	76,34	75,19	74,53	72,60	79,19	28,54	194,38	151,09	151,41	156,88	171,28	123,58
H31	275,24	239,28	235,25	302,45	319,88	306,81	277,22	277,17	274,39	274,56	277,38	277,76	272,17	201,96	387,65	344,36	344,68	350,14	364,55	172,48
H32	87,46	79,43	75,39	122,75	140,18	127,10	85,62	85,57	89,91	88,75	88,10	86,17	92,76	42,11	207,95	164,65	164,97	170,44	184,84	113,82
H33	160,00	167,91	170,71	128,96	108,77	119,95	161,99	161,94	159,15	159,33	162,14	162,53	156,69	204,11	41,25	82,10	81,89	77,62	61,58	253,44

**Ek 2-F (devami)**

	BKM	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
<b>H34</b>	239,13	247,05	249,85	208,09	187,90	199,09	241,13	241,08	238,29	238,47	241,28	241,67	235,83	283,25	120,39	161,24	161,02	156,76	140,72	332,58	354,46
<b>H35</b>	207,28	215,20	218,00	176,24	156,05	167,24	209,28	209,22	206,44	206,62	209,42	209,82	203,97	251,39	88,54	129,39	129,17	124,91	108,87	300,73	360,79
<b>H36</b>	171,26	179,17	181,98	140,22	120,03	131,21	173,25	173,20	170,41	170,60	173,40	173,79	167,95	215,37	52,51	93,36	93,15	88,88	72,85	264,70	324,76
<b>H37</b>	300,98	308,90	311,70	269,94	249,75	260,94	302,98	302,93	300,14	300,32	303,13	303,52	297,68	345,10	182,24	223,09	222,87	218,61	202,57	394,43	414,26
<b>KBM1</b>	135,36	127,33	123,29	170,65	188,08	175,00	133,52	133,47	137,80	136,65	136,06	134,06	140,66	90,01	255,85	212,55	212,87	218,34	232,74	163,61	223,67
<b>KBM2</b>	103,93	111,83	114,63	131,14	148,57	135,50	105,91	105,85	103,08	103,25	106,07	106,45	100,85	148,02	216,34	173,05	173,37	178,83	193,24	1,17	59,06
<b>KBM3</b>	78,91	86,83	89,63	47,87	27,68	38,87	80,91	80,86	78,07	78,25	81,06	81,45	75,61	123,03	43,62	0,36	0,47	6,12	20,52	172,36	232,42
<b>KBM4</b>	238,35	246,27	249,07	207,31	187,12	198,30	240,34	240,29	237,51	237,69	240,49	240,89	235,04	282,46	119,61	160,46	160,24	155,97	139,94	331,80	353,68
<b>H21</b>	191,02	99,85	145,52	133,08	132,54	129,21	131,15	136,21	126,83	73,43	274,41	87,69	158,69	239,15	207,69	171,69	301,41	136,17	103,23	79,42	238,58
<b>H1</b>	202,46	90,06	135,72	123,29	122,74	119,41	121,35	126,42	117,03	63,63	239,82	77,90	169,02	249,49	218,03	182,03	311,75	126,37	114,68	89,76	248,91
<b>H2</b>	202,39	87,30	132,97	120,53	119,98	116,66	118,59	123,66	114,28	60,88	237,07	75,14	168,96	249,42	217,96	181,96	311,68	123,62	114,61	89,69	248,85
<b>H3</b>	220,76	136,39	182,05	169,62	169,07	165,74	167,68	172,75	163,36	109,96	304,15	124,23	130,28	210,74	179,28	143,28	273,00	172,70	132,97	51,01	210,16
<b>H4</b>	236,29	151,91	197,58	185,14	184,60	181,27	183,21	188,27	178,89	125,49	319,68	139,75	105,73	186,19	154,74	118,73	248,45	188,23	148,50	26,46	185,62
<b>H5</b>	225,64	141,27	186,94	174,50	173,95	170,63	172,56	177,63	168,25	114,85	309,04	129,11	118,05	198,52	167,06	131,06	260,78	177,59	137,86	38,78	197,94
<b>H6</b>	193,57	97,69	143,36	130,92	130,38	127,05	128,98	134,05	124,67	71,27	276,96	85,53	160,13	240,59	209,14	173,14	302,85	134,01	105,78	80,86	240,02
<b>H7</b>	193,42	97,55	143,21	130,78	130,23	126,90	128,84	133,91	124,52	71,12	276,81	85,39	159,98	240,45	208,99	172,99	302,71	133,86	105,64	80,72	239,87
<b>H8</b>	190,60	102,09	147,76	135,32	134,78	131,45	133,38	138,45	129,07	75,67	274,00	89,93	158,02	238,48	207,03	171,02	300,74	138,41	102,82	78,75	237,91
<b>H9</b>	189,87	101,52	147,19	134,75	134,20	130,88	132,81	137,88	128,50	75,10	273,26	89,36	156,43	236,89	205,44	169,44	299,16	137,84	102,08	77,16	236,32
<b>H10</b>	193,65	99,72	145,39	132,95	132,40	129,08	131,01	136,08	126,70	73,30	277,05	87,56	160,25	240,71	209,26	173,26	302,98	136,04	105,87	80,98	240,14
<b>H11</b>	191,63	99,11	144,78	132,34	131,79	128,47	130,40	135,47	126,09	72,69	275,03	86,95	159,30	239,76	208,31	172,31	302,03	135,43	103,85	80,03	239,19
<b>H12</b>	189,18	104,89	150,55	138,12	137,57	134,24	136,18	141,25	131,86	78,46	272,58	92,73	154,80	235,26	203,81	167,81	297,53	141,20	101,40	75,53	234,69
<b>H13</b>	239,75	54,09	99,76	87,32	86,77	83,45	85,38	90,45	81,07	27,66	203,85	41,93	202,31	282,77	251,32	215,32	345,04	90,41	151,97	123,04	282,20
<b>H14</b>	304,28	219,91	265,57	253,14	252,59	249,26	251,20	256,27	246,88	193,48	387,67	207,75	39,39	119,85	88,40	52,40	182,12	256,23	216,49	43,68	119,28
<b>H15</b>	260,90	176,53	222,19	209,76	209,21	205,88	207,82	212,89	203,50	150,10	344,29	164,37	80,21	160,67	129,22	93,22	222,94	212,85	173,11	0,36	160,10
<b>H16</b>	261,22	176,85	222,52	210,08	209,53	206,21	208,14	213,21	203,83	150,43	344,62	164,69	79,91	160,37	128,91	92,91	222,63	213,17	173,44	0,37	159,80
<b>H17</b>	266,75	182,38	228,05	215,61	215,07	211,74	213,68	218,74	209,36	155,96	350,15	170,22	75,69	156,15	124,70	88,70	218,42	218,70	178,97	6,15	155,58
<b>H18</b>	281,08	196,71	242,38	229,94	229,39	226,07	228,00	233,07	223,69	170,28	364,47	184,55	59,74	140,20	108,75	72,74	202,46	233,03	193,30	20,48	139,63
<b>H19</b>	88,96	131,84	177,51	165,07	164,53	161,20	163,14	168,20	158,82	127,92	172,35	118,07	251,56	332,02	300,57	264,57	394,29	168,16	1,17	172,29	331,45
<b>H20</b>	33,85	191,58	237,25	224,81	224,26	220,94	222,87	227,94	218,56	187,66	117,25	177,80	311,30	353,90	360,31	324,30	413,64	227,90	58,71	232,03	353,32
<b>H21</b>	0,00	220,92	266,59	254,15	253,61	250,28	252,22	192,49	247,90	217,00	86,44	207,14	340,64	383,24	389,65	353,65	442,98	193,20	88,05	261,37	382,67
<b>H22</b>	216,20	0,00	46,14	33,70	33,16	29,83	31,76	36,83	27,45	26,74	150,24	13,01	255,88	336,34	304,88	268,88	398,60	36,79	128,41	176,61	335,76
<b>H23</b>	262,23	46,08	0,00	14,46	13,92	18,31	15,13	10,75	20,05	72,78	124,15	59,05	301,91	382,37	350,92	314,91	444,63	10,70	174,45	222,64	381,80

**Ek 2-F (devamu)**

	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33	H34	H35	H36	H37	KB1	KB2	KB3	KB4
H24	247,78	31,63	14,50	0,00	0,62	3,00	0,72	5,20	5,59	58,32	116,46	44,59	287,46	367,92	336,46	300,46	430,18	5,15	159,99	208,19	367,34
H25	249,11	32,96	13,88	0,55	0,00	3,24	1,22	4,58	6,92	59,65	115,84	45,92	288,78	369,25	337,79	301,79	431,51	4,53	161,32	209,51	368,67
H26	245,86	29,71	18,37	3,13	3,30	0,00	3,06	9,06	3,67	56,40	119,14	42,67	285,53	366,00	334,54	298,54	428,26	9,02	158,07	206,26	365,42
H27	247,98	31,83	15,11	0,55	1,22	3,20	0,00	5,80	5,80	58,53	117,06	44,80	287,66	368,12	336,66	300,66	430,38	5,76	160,20	208,39	367,55
H28	253,01	36,86	10,94	5,24	4,69	9,09	5,90	0,00	10,82	63,55	113,92	49,82	292,68	373,15	341,69	305,69	435,41	0,75	165,22	213,41	372,57
H29	242,54	26,39	22,54	10,10	9,56	6,23	8,17	13,23	0,00	53,08	126,64	39,35	282,21	362,68	331,22	295,22	424,94	13,19	154,75	202,95	362,10
H30	212,48	26,81	72,48	60,04	59,49	56,17	58,10	63,17	53,79	0,00	176,57	14,65	230,72	311,18	279,73	243,72	373,44	63,13	124,69	151,45	310,61
H31	86,46	148,31	124,83	116,69	116,14	120,54	117,35	114,64	122,27	175,00	0,00	161,27	423,99	573,63	472,99	436,99	633,38	115,34	171,40	344,72	573,06
H32	202,72	14,85	60,52	48,08	47,54	44,21	46,15	51,21	41,83	15,15	164,62	0,00	244,28	324,74	293,29	257,29	387,01	51,17	114,94	165,01	324,17
H33	342,34	257,97	303,64	291,20	290,65	287,33	289,26	294,33	284,95	231,55	425,74	245,81	0,00	80,75	49,29	13,29	143,01	294,29	254,56	81,74	80,17
H34	383,30	337,11	382,78	370,34	369,79	366,47	368,40	373,47	364,09	310,68	573,23	324,95	81,25	0,00	32,60	71,55	71,79	373,43	333,70	160,88	0,78
H35	389,63	305,26	350,92	338,49	337,94	334,61	336,55	341,62	332,23	278,83	473,02	293,10	49,40	32,20	0,00	39,69	94,47	341,57	301,84	129,03	31,63
H36	353,60	269,23	314,90	302,46	301,92	298,59	300,52	305,59	296,21	242,81	437,00	257,07	13,37	71,74	40,29	0,00	134,01	305,55	265,82	93,00	71,17
H37	443,10	398,96	444,63	432,19	431,64	428,32	430,25	435,32	425,94	372,54	633,03	386,80	143,10	71,74	94,45	133,40	0,00	435,28	395,55	222,73	71,16
KB1	252,50	36,35	10,44	4,73	4,19	8,59	5,40	0,75	10,32	63,05	114,32	49,32	292,18	372,64	341,19	305,19	434,91	0,00	164,72	212,91	372,07
KB2	87,90	132,96	178,62	166,19	165,64	162,31	164,25	169,32	159,93	129,03	171,29	119,18	252,68	333,14	301,68	265,68	395,40	169,28	0,00	173,41	332,56
KB3	261,26	176,89	222,56	210,12	209,57	206,25	208,18	213,25	203,87	150,46	344,65	164,73	79,96	160,42	128,97	92,96	222,68	213,21	173,48	0,00	159,85
KB4	382,52	336,33	381,99	369,56	369,01	365,68	367,62	372,69	363,30	309,90	572,45	324,16	80,46	0,85	31,82	70,76	71,01	372,64	332,91	160,09	0,00

**Ek 2-C: Ulaşım Süresi Matrisi (Saat)**

	BKM	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
BKM	0,00	0,18	0,25	0,84	1,09	0,89	0,07	0,08	0,11	0,08	0,17	0,09	0,25	0,91	2,24	1,45	1,47	1,59	1,83	1,37	2,26
H1	0,25	0,00	0,07	0,96	1,22	1,01	0,21	0,21	0,33	0,25	0,34	0,23	0,37	0,74	2,36	1,57	1,59	1,72	1,96	1,50	2,39
H2	0,27	0,13	0,00	0,98	1,23	1,03	0,23	0,23	0,35	0,26	0,36	0,25	0,38	0,67	2,38	1,59	1,61	1,74	1,98	1,52	2,41
H3	0,90	0,94	1,01	0,00	0,52	0,31	0,90	0,89	0,90	0,87	1,00	0,92	0,90	1,67	1,67	0,87	0,89	1,02	1,26	2,04	2,93
H4	1,07	1,11	1,18	0,48	0,00	0,34	1,07	1,06	1,07	1,04	1,17	1,09	1,07	1,85	1,24	0,44	0,46	0,59	0,83	2,22	3,10
H5	0,88	0,91	0,99	0,29	0,31	0,00	0,87	0,87	0,88	0,85	0,97	0,89	0,87	1,65	1,46	0,66	0,69	0,81	1,05	2,02	2,91
H6	0,07	0,13	0,21	0,83	1,09	0,88	0,00	0,02	0,12	0,11	0,14	0,07	0,24	0,87	2,23	1,44	1,46	1,59	1,83	1,37	2,26
H7	0,05	0,14	0,21	0,84	1,09	0,89	0,04	0,00	0,15	0,11	0,17	0,05	0,24	0,88	2,24	1,45	1,47	1,59	1,83	1,38	2,27
H8	0,13	0,23	0,30	0,85	1,10	0,90	0,14	0,15	0,00	0,12	0,23	0,19	0,24	0,97	2,25	1,46	1,48	1,60	1,84	1,37	2,25
H9	0,11	0,16	0,24	0,76	1,02	0,81	0,12	0,12	0,13	0,00	0,23	0,14	0,17	0,90	2,17	1,37	1,39	1,52	1,76	1,30	2,19
H10	0,17	0,27	0,34	0,94	1,20	0,99	0,14	0,16	0,19	0,20	0,00	0,20	0,33	1,00	2,35	1,55	1,58	1,70	1,94	1,45	2,34
H11	0,04	0,19	0,27	0,86	1,12	0,91	0,07	0,07	0,14	0,10	0,19	0,00	0,27	0,93	2,27	1,47	1,49	1,62	1,86	1,40	2,28
H12	0,25	0,29	0,36	0,81	1,07	0,86	0,25	0,24	0,25	0,22	0,35	0,27	0,00	1,03	2,22	1,42	1,45	1,57	1,81	1,37	2,25
H13	0,93	0,79	0,70	1,63	1,89	1,68	0,88	0,88	1,00	0,92	1,01	0,90	1,04	0,00	3,04	2,24	2,26	2,39	2,63	2,15	3,03
H14	2,20	2,24	2,31	1,61	1,25	1,47	2,20	2,19	2,20	2,17	2,30	2,22	2,20	2,98	0,00	0,83	0,82	0,74	0,47	3,35	4,23
H15	1,43	1,47	1,54	0,84	0,48	0,69	1,43	1,42	1,43	1,40	1,52	1,44	1,42	2,20	0,84	0,00	0,02	0,19	0,43	2,57	3,46
H16	1,45	1,49	1,56	0,86	0,50	0,72	1,45	1,44	1,45	1,42	1,55	1,47	1,45	2,22	0,84	0,02	0,00	0,19	0,43	2,60	3,48
H17	1,57	1,60	1,68	0,98	0,62	0,83	1,56	1,56	1,57	1,54	1,66	1,58	1,56	2,34	0,75	0,20	0,18	0,00	0,34	2,71	3,60
H18	1,81	1,85	1,92	1,22	0,86	1,07	1,80	1,80	1,81	1,78	1,90	1,82	1,80	2,58	0,48	0,44	0,42	0,34	0,00	2,95	3,84
H19	1,38	1,42	1,49	1,95	2,20	2,00	1,37	1,37	1,38	1,35	1,47	1,39	1,33	2,15	3,35	2,56	2,58	2,71	2,95	0,00	0,90
H20	2,25	2,29	2,37	2,83	3,08	2,88	2,25	2,25	2,25	2,22	2,35	2,27	2,21	3,03	4,23	3,44	3,46	3,58	3,82	0,91	0,00
H21	2,73	2,77	2,85	3,31	3,56	3,36	2,73	2,73	2,74	2,71	2,83	2,75	2,69	3,51	4,71	3,92	3,94	4,06	4,31	1,39	0,62
H22	1,69	1,55	1,46	2,40	2,65	2,45	1,65	1,65	1,77	1,68	1,78	1,67	1,81	0,83	3,80	3,01	3,03	3,16	3,40	1,69	2,57
H23	2,39	2,25	2,16	3,10	3,35	3,15	2,35	2,35	2,47	2,38	2,48	2,37	2,50	1,52	4,50	3,71	3,73	3,85	4,09	2,38	3,27
H24	2,25	2,11	2,02	2,95	3,21	3,00	2,20	2,20	2,32	2,24	2,33	2,22	2,36	1,38	4,36	3,56	3,58	3,71	3,95	2,24	3,12
H25	2,19	2,05	1,96	2,90	3,15	2,95	2,14	2,27	2,18	2,28	2,17	2,17	2,30	1,32	4,30	3,51	3,53	3,65	3,89	2,18	3,07
H26	2,18	2,04	1,95	2,89	3,14	2,94	2,14	2,26	2,17	2,27	2,16	2,16	2,29	1,32	4,29	3,50	3,52	3,65	3,89	2,17	3,06
H27	2,25	2,11	2,02	2,95	3,21	3,00	2,21	2,20	2,33	2,24	2,33	2,23	2,36	1,38	4,36	3,56	3,59	3,71	3,95	2,24	3,13
H28	2,25	2,12	2,02	2,96	3,22	3,01	2,21	2,21	2,33	2,25	2,34	2,23	2,37	1,39	4,37	3,57	3,59	3,72	3,96	2,25	3,13
H29	2,10	1,96	1,87	2,81	3,06	2,86	2,06	2,06	2,18	2,09	2,19	2,08	2,21	1,24	4,21	3,42	3,44	3,57	3,81	2,09	2,98
H30	1,34	1,20	1,11	2,04	2,30	2,09	1,30	1,29	1,41	1,33	1,42	1,32	1,45	0,47	3,45	2,65	2,67	2,80	3,04	1,74	2,62
H31	4,37	4,01	3,92	4,94	5,20	4,99	4,36	4,36	4,37	4,34	4,46	4,38	4,32	3,28	6,34	5,55	5,57	5,70	5,94	3,02	2,26
H32	1,59	1,45	1,36	2,29	2,55	2,34	1,55	1,54	1,67	1,58	1,67	1,57	1,70	0,72	3,70	2,90	2,93	3,05	3,29	1,53	2,41
H33	2,63	2,67	2,74	2,04	1,68	1,90	2,63	2,62	2,63	2,60	2,73	2,65	2,63	3,41	0,70	1,26	1,25	1,17	0,90	3,78	4,66

**Ek 2-G (devami)**

	BKM	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
<b>H34</b>	3,90	3,94	4,02	3,31	2,95	3,17	3,90	3,90	3,91	3,87	4,00	3,92	3,90	4,68	1,97	2,53	2,52	2,44	2,17	5,05	5,32
<b>H35</b>	3,39	3,43	3,50	2,80	2,44	2,65	3,39	3,38	3,39	3,36	3,48	3,40	3,38	4,16	1,46	2,02	2,00	1,92	1,66	4,53	5,42
<b>H36</b>	2,76	2,80	2,87	2,17	1,81	2,02	2,76	2,75	2,76	2,73	2,85	2,78	2,76	3,53	0,83	1,39	1,38	1,29	1,03	3,90	4,79
<b>H37</b>	4,57	4,61	4,68	3,98	3,62	3,84	4,57	4,57	4,58	4,54	4,67	4,59	4,57	5,35	2,64	3,20	3,19	3,11	2,84	5,72	5,94
<b>KBM1</b>	2,25	2,11	2,02	2,96	3,21	3,01	2,21	2,21	2,33	2,24	2,34	2,23	2,36	1,38	4,36	3,57	3,59	3,71	3,95	2,24	3,13
<b>KBM2</b>	1,40	1,44	1,51	1,97	2,23	2,02	1,40	1,39	1,40	1,37	1,50	1,42	1,36	2,18	3,38	2,58	2,61	2,73	2,97	0,05	0,88
<b>KBM3</b>	1,44	1,48	1,55	0,85	0,49	0,71	1,44	1,44	1,45	1,41	1,54	1,46	1,44	2,22	0,84	0,01	0,02	0,20	0,44	2,59	3,47
<b>KBM4</b>	3,85	3,89	3,97	3,26	2,90	3,12	3,85	3,85	3,86	3,82	3,95	3,87	3,85	4,63	1,92	2,48	2,47	2,39	2,12	5,00	5,27
<b>H21</b>	<b>H22</b>	<b>H23</b>	<b>H24</b>	<b>H25</b>	<b>H26</b>	<b>H27</b>	<b>H28</b>	<b>H29</b>	<b>H30</b>	<b>H31</b>	<b>H32</b>	<b>H33</b>	<b>H34</b>	<b>H35</b>	<b>H36</b>	<b>H37</b>	<b>KBM1</b>	<b>KBM2</b>	<b>KBM3</b>	<b>KBM4</b>	
2,72	1,71	2,45	2,29	2,25	2,25	2,31	2,32	2,21	1,35	4,35	1,58	2,62	3,91	3,43	2,79	4,64	2,30	1,41	1,46	3,87	
2,85	1,53	2,27	2,11	2,08	2,07	2,13	2,14	2,03	1,17	4,05	1,40	2,75	4,03	3,55	2,91	4,76	2,13	1,54	1,58	4,00	
2,86	1,46	2,21	2,04	2,01	2,01	2,06	2,08	1,97	1,11	3,98	1,34	2,77	4,05	3,57	2,93	4,78	2,06	1,56	1,60	4,01	
3,39	2,46	3,21	3,05	3,01	3,01	3,07	3,08	2,97	2,11	5,03	2,34	2,05	3,33	2,85	2,21	4,06	3,06	2,08	0,89	3,30	
3,56	2,64	3,38	3,22	3,19	3,18	3,24	3,25	3,14	2,28	5,20	2,51	1,62	2,90	2,42	1,78	3,63	3,24	2,26	0,46	2,87	
3,37	2,44	3,19	3,02	2,99	2,99	3,04	3,05	2,94	2,09	5,00	2,31	1,84	3,12	2,65	2,00	3,85	3,04	2,06	0,68	3,09	
2,72	1,66	2,41	2,24	2,21	2,21	2,26	2,27	2,16	1,31	4,35	1,54	2,62	3,90	3,42	2,78	4,63	2,26	1,41	1,45	3,87	
2,72	1,67	2,41	2,25	2,22	2,22	2,27	2,28	2,17	1,32	4,36	1,54	2,62	3,91	3,43	2,79	4,64	2,27	1,42	1,46	3,87	
2,71	1,76	2,50	2,34	2,31	2,31	2,36	2,37	2,26	1,40	4,35	1,63	2,64	3,92	3,44	2,80	4,65	2,36	1,41	1,47	3,88	
2,65	1,69	2,43	2,27	2,24	2,24	2,29	2,30	2,19	1,34	4,29	1,56	2,55	3,83	3,36	2,71	4,56	2,29	1,35	1,39	3,80	
2,80	1,80	2,54	2,38	2,34	2,34	2,40	2,41	2,30	1,44	4,43	1,67	2,73	4,01	3,54	2,89	4,74	2,39	1,49	1,57	3,98	
2,74	1,72	2,46	2,30	2,27	2,27	2,32	2,33	2,22	1,37	4,38	1,59	2,65	3,93	3,45	2,81	4,66	2,32	1,44	1,49	3,90	
2,71	1,82	2,56	2,40	2,37	2,36	2,42	2,43	2,32	1,46	4,35	1,69	2,60	3,88	3,41	2,76	4,61	2,42	1,41	1,44	3,85	
3,49	0,86	1,60	1,44	1,41	1,41	1,46	1,47	1,36	0,51	3,38	0,73	3,42	4,70	4,22	3,58	5,43	1,46	2,19	2,26	4,67	
4,69	3,77	4,51	4,35	4,32	4,31	4,37	4,38	4,27	3,41	6,33	3,64	0,63	1,91	1,44	0,79	2,64	4,37	3,39	0,82	1,88	
3,92	2,99	3,74	3,58	3,54	3,54	3,60	3,61	3,50	2,64	5,56	2,87	1,22	2,51	2,03	1,39	3,24	3,59	2,61	0,01	2,47	
3,94	3,02	3,76	3,60	3,56	3,56	3,62	3,63	3,52	2,66	5,58	2,89	1,22	2,50	2,02	1,38	3,23	3,62	2,64	0,02	2,47	
4,06	3,13	3,88	3,71	3,68	3,68	3,73	3,74	3,63	2,78	5,69	3,01	1,13	2,42	1,94	1,30	3,14	3,73	2,75	0,18	2,38	
4,30	3,37	4,12	3,96	3,92	3,92	3,98	3,99	3,88	3,02	5,94	3,25	0,87	2,15	1,67	1,03	2,88	3,97	2,99	0,42	2,12	
1,35	1,73	2,47	2,31	2,28	2,27	2,33	2,34	2,23	1,77	2,99	1,59	3,74	5,02	4,54	3,90	5,75	2,33	0,05	2,57	4,99	
0,62	2,60	3,35	3,19	3,15	3,15	3,21	3,22	3,11	2,65	2,25	2,47	4,61	5,30	5,42	4,78	5,94	3,20	0,87	3,45	5,26	
0,00	3,09	3,83	3,67	3,63	3,63	3,69	3,42	3,59	3,13	1,72	2,95	5,10	5,78	5,90	5,26	6,42	3,43	1,35	3,93	5,74	
3,03	0,00	0,80	0,64	0,61	0,60	0,66	0,67	0,56	0,46	2,58	0,25	4,19	5,47	4,99	4,35	6,20	0,66	1,73	3,02	5,44	
3,73	0,74	0,00	0,29	0,25	0,34	0,31	0,24	0,33	1,16	2,15	0,94	4,88	6,17	5,69	5,05	6,90	0,22	2,42	3,72	6,13	

**Ek 2-G (devami)**

	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33	H34	H35	H36	H37	KBM1	KBM2	KBM3	KBM4
H24	3,58	0,59	0,33	0,00	0,06	0,10	0,05	0,20	0,19	1,01	2,09	0,80	4,74	6,02	5,54	4,90	6,75	0,18	2,28	3,58	5,99
H25	3,53	0,54	0,27	0,03	0,00	0,09	0,05	0,14	0,13	0,96	2,04	0,74	4,68	5,97	5,49	4,85	6,69	0,13	2,22	3,52	5,93
H26	3,52	0,53	0,37	0,12	0,10	0,00	0,12	0,23	0,12	0,95	2,14	0,74	4,68	5,96	5,48	4,84	6,69	0,22	2,21	3,51	5,92
H27	3,58	0,59	0,35	0,05	0,08	0,10	0,00	0,21	0,19	1,01	2,11	0,80	4,74	6,02	5,55	4,90	6,75	0,20	2,28	3,58	5,99
H28	3,59	0,60	0,26	0,15	0,12	0,20	0,17	0,00	0,20	1,02	1,95	0,81	4,75	6,03	5,55	4,91	6,76	0,04	2,29	3,59	6,00
H29	3,44	0,45	0,36	0,20	0,17	0,16	0,22	0,23	0,00	0,87	2,14	0,66	4,60	5,88	5,40	4,76	6,61	0,22	2,14	3,43	5,84
H30	3,08	0,45	1,19	1,03	1,00	1,00	1,05	1,06	0,95	0,00	2,97	0,32	3,83	5,11	4,64	3,99	5,84	1,05	1,78	2,67	5,08
H31	1,74	2,50	2,19	2,05	2,01	2,10	2,07	2,00	2,09	2,92	0,00	2,70	6,73	7,24	7,53	6,89	7,89	2,01	2,98	5,56	7,21
H32	2,87	0,23	0,98	0,81	0,78	0,78	0,83	0,85	0,74	0,35	2,75	0,00	4,08	5,36	4,89	4,24	6,09	0,83	1,57	2,92	5,33
H33	5,12	4,20	4,94	4,78	4,75	4,74	4,80	4,81	4,70	3,84	6,76	4,07	0,00	1,34	0,86	0,22	2,07	4,80	3,82	1,25	1,30
H34	5,77	5,47	6,21	6,05	6,02	6,02	6,07	6,08	5,97	5,12	7,26	5,34	1,38	0,00	0,58	1,25	1,13	6,07	5,09	2,52	0,05
H35	5,88	4,95	5,70	5,54	5,50	5,50	5,56	5,57	5,46	4,60	7,52	4,83	0,87	0,56	0,00	0,74	1,29	5,55	4,57	2,00	0,53
H36	5,25	4,32	5,07	4,91	4,87	4,87	4,93	4,94	4,83	3,97	6,89	4,20	0,24	1,25	0,77	0,00	1,97	4,92	3,94	1,37	1,21
H37	6,39	6,14	6,88	6,72	6,69	6,69	6,74	6,75	6,64	5,78	7,88	6,01	2,05	1,10	1,25	1,92	0,00	6,74	5,76	3,19	1,06
KBM1	3,59	0,60	0,25	0,15	0,12	0,20	0,17	0,05	0,19	1,02	1,97	0,81	4,75	6,03	5,55	4,91	6,76	0,00	2,28	3,58	5,99
KBM2	1,34	1,75	2,50	2,34	2,30	2,30	2,36	2,37	2,26	1,79	2,98	1,62	3,76	5,05	4,57	3,93	5,77	2,35	0,00	2,60	5,01
KBM3	3,93	3,01	3,75	3,59	3,56	3,56	3,61	3,62	3,51	2,65	5,57	2,88	1,23	2,51	2,03	1,39	3,24	3,61	2,63	0,00	2,48
KBM4	5,72	5,42	6,16	6,00	5,97	5,97	6,02	6,03	5,92	5,07	7,21	5,29	1,34	0,06	0,53	1,20	1,08	6,02	5,04	2,47	0,00

### Ek 3: Model GAMS Kodu

Sets

m1 Tüm noktaları temsil eder //  
h1(m1) k ve u noktalarının birleşimlerini temsil eder //  
o(m1) s ve k noktalarının birleşimlerini temsil eder //  
s(m1) Bölge kan merkezini temsil eder //  
j(h1) Yerel kan merkezlerini temsil eder //  
u1(h1) Kan bağış merkezlerini temsil eder //  
v Araçları temsil eder //  
i Kan ürünlerini temsil eder //  
n Yerel kan merkezlerinin kapasite seviyelerini temsil eder //

;

alias(j,j1,k,k1);  
alias(h1,h2);  
alias(u1,u2);  
alias(m1,m2);  
alias(s,s1);

Table d(m1,m2) m1. noktanın m2. noktaya olan uzaklık miktarı

;

Table h(i,j) j. yerel kan merkezinde bir birim i ürünü yıllık elde tutma maliyeti

;

Table mu(i,k) k. transfüzyon merkezinin i. ürün için yıllık ortalama talebi

;

Table f(n,j) n kapasiteli j. yerel kan merkezini açma ve çalıştırma maliyeti

;

Table b(n,i,j) Kapasitesi seviyesi n olan j. yerel kan merkezinin i. üründen barındırabileceği toplam ürün miktarı

;

Table cap(i,v) v. aracın i. üründen yıllık taşıma kapasitesi

;

Scalar

q Birim km başına taşıma maliyeti//

;

Table t(m1,m2) m1. noktanın m2. noktaya olan ulaşım süresi

;

Parameters

utime(m1) h1. tesise ürün dağıtım ya da toplama süresi//  
Dcar(v) v. araç için maksimum mesafe miktarı//  
Tcar(v) v. araç için maksimum sevkiyat süresi//  
c(v) v. araç için ödenen bir yıllık kullanım maliyeti//  
alfa(v) v. aracın bir yıl içerisinde yaptığı sevkiyat sayısı//

;

### Ek 3 (devamı)

Scalars

maxF Yerel kan merkezleri için kullanılabilir maksimum bütçe miktarı//  
maxM Açılabilir maksimum yerel kan merkezi sayısı//  
Btm1 K kümesi içerisindeki transfüzyon merkezlerinin sayısı//  
Btm2 U kümesi içerisindeki kan bağış merkezlerinin sayısı//  
beta Taşıma maliyetine ilişkin ağırlık faktörü//  
teta Envanter maliyetine ilişkin ağırlık faktörü//  
epsilon Yetarince büyük sayı//

;

variable

z amaç fonksiyonu

;

positive variable

M(h1,v) Alt tur eleme için yardımcı değişken

;

integer variable

alfa\_j(j) sevkiyat katsayısı

;

binary variables

U(n,j) n kapasiteli j. yerel kan merkezi açılırsa (ikili d.)

Y(j,h1) h1. transfüzyon merkezi veya kan bağış merkezi j. yerel kan merkezine atanırsa (ikili d.)

R(m1,m2,v) v. araç m1. noktadan m2. noktaya geçerse

;

equations

amac

kisit1

kisit2

kisit3

...

kisit32

;

amac..

$$z=e=\sum((n,j),f(n,j)*U(n,j))+\text{beta}*q*(\sum((v,s,j),\text{alfa}_j(j)*\text{alfa}(v)*(R(s,j,v)*d(s,j)+R(j,s,v)*d(j,s)))+\sum((v,h1,h2),\text{alfa}(v)*R(h1,h2,v)*d(h1,h2)))+\text{teta}*\sum((i,j,k),(h(i,j)*\mu(i,k)*Y(j,k))^2)+\sum(v,c(v)*(\sum((s,j),R(s,j,v))+\sum((j,k),\sum(n,U(n,j))*R(j,k,v)))));$$



### Ek 3 (devami)

```
kisit1(h1)..    sum(j,Y(j,h1))=e=1;
kisit2(j)..    sum(n,U(n,j))=l=1;
kisit3(j,h1).. Y(j,h1)=l=sum(n,U(n,j));
kisit4(j)..    Y(j,j)=e=sum(n,U(n,j));
kisit5(j)..    sum(k,Y(j,k))=g=2*sum(n,U(n,j));
kisit6(j)..    sum(n,f(n,j)*U(n,j))=l=maxF;
kisit7..       sum((n,j),U(n,j))=e=maxM;
kisit8(i,j)..  sum(k,mu(i,k)*Y(j,k))=l=sum(n,b(n,i,j)*U(n,j));
kisit9(i,s,j).. sum(k,mu(i,k)*Y(j,k))=l=alfa_j(j)*sum(v,R(s,j,v)*cap(i,v));
kisit10(j)..   alfa_j(j)=l=sum(n,U(n,j))*epsilon;
kisit11..     sum(j,sum(n,U(n,j)))=g=1;
kisit12(v)..   sum((j,o),R(j,o,v)*sum(n,U(n,j)))=l=1;
kisit13(k)..   sum((v,h1),R(k,h1,v))*(1-sum(n,U(n,k)))=l=1;
kisit14(u1)..  sum((v,h1),R(u1,h1,v))=e=1;
kisit15(i,v).. sum(k,mu(i,k)*sum(k1,R(k1,k,v)*(1-sum(n,U(n,k))))=l=cap(i,v);
kisit16(k,k1,v).. M(k,v)*(1-sum(n,U(n,k)))-M(k1,v)*(1-sum(n,U(n,k1)))+(Btm1*R(k,k1,v)*(1-sum(n,U(n,k)))*(1-sum(n,U(n,k1))))=l=Btm1-1;
kisit17(u1,u2,v).. M(u1,v)-M(u2,v)+(Btm2*R(u1,u2,v))=l=Btm2-1;
kisit18(m1)..  sum((m2,v),R(m1,m2,v))=g=1;
kisit19(m1,v).. sum(m2,R(m1,m2,v))-sum(m2,R(m2,m1,v))=e=0;
kisit20(j,j1).. sum(v,R(j,j1,v))+sum(n,U(n,j))+sum(n,U(n,j1))=l=2;
kisit21(m1,v).. R(m1,m1,v)=e=0;
kisit22(s,k).. sum(v,R(s,k,v))+sum(v,R(k,s,v))-2*sum(n,U(n,k))=e=0;
kisit23(s,u1,v).. R(s,u1,v)+R(u1,s,v)=e=0;
kisit24(j,u1).. sum(v,R(j,u1,v))+sum(n,U(n,j))=l=1;
kisit25(u1,k).. sum(v,R(u1,k,v))=l=sum(n,U(n,k));
kisit26(u1)..  sum((v,h1),R(h1,u1,v))=e=1;
kisit27(v)..   sum((m1,m2),d(m1,m2)*R(m1,m2,v))=l=Dcar(v);
kisit28(v)..   sum((m1,m2),R(m1,m2,v)*(t(m1,m2)+utime(m2)))=l=Tcar(v);
kisit29(j)..   sum((s,v),R(s,j,v))-sum(n,U(n,j))=e=0;
kisit30(j,k,v).. sum(h1,R(k,h1,v))*(1-sum(n,U(n,k)))+sum(h1,R(j,h1,v))*sum(n,U(n,j))-Y(j,k)=l=1;
kisit31(j,u1,v).. sum(h1,R(u1,h1,v))+sum(h1,R(j,h1,v))*sum(n,U(n,j))-Y(j,u1)=l=1;
kisit32(m1,v).. sum(m2,R(m1,m2,v))+ sum(m2,R(m2,m1,v))=l=2;
```

option resLim=36000;

model tedarik /all/;

solve tedarik using MINLP minimizing z;

display U.l, Y.l, R.l, M.l,alfa\_j.l,z.l;

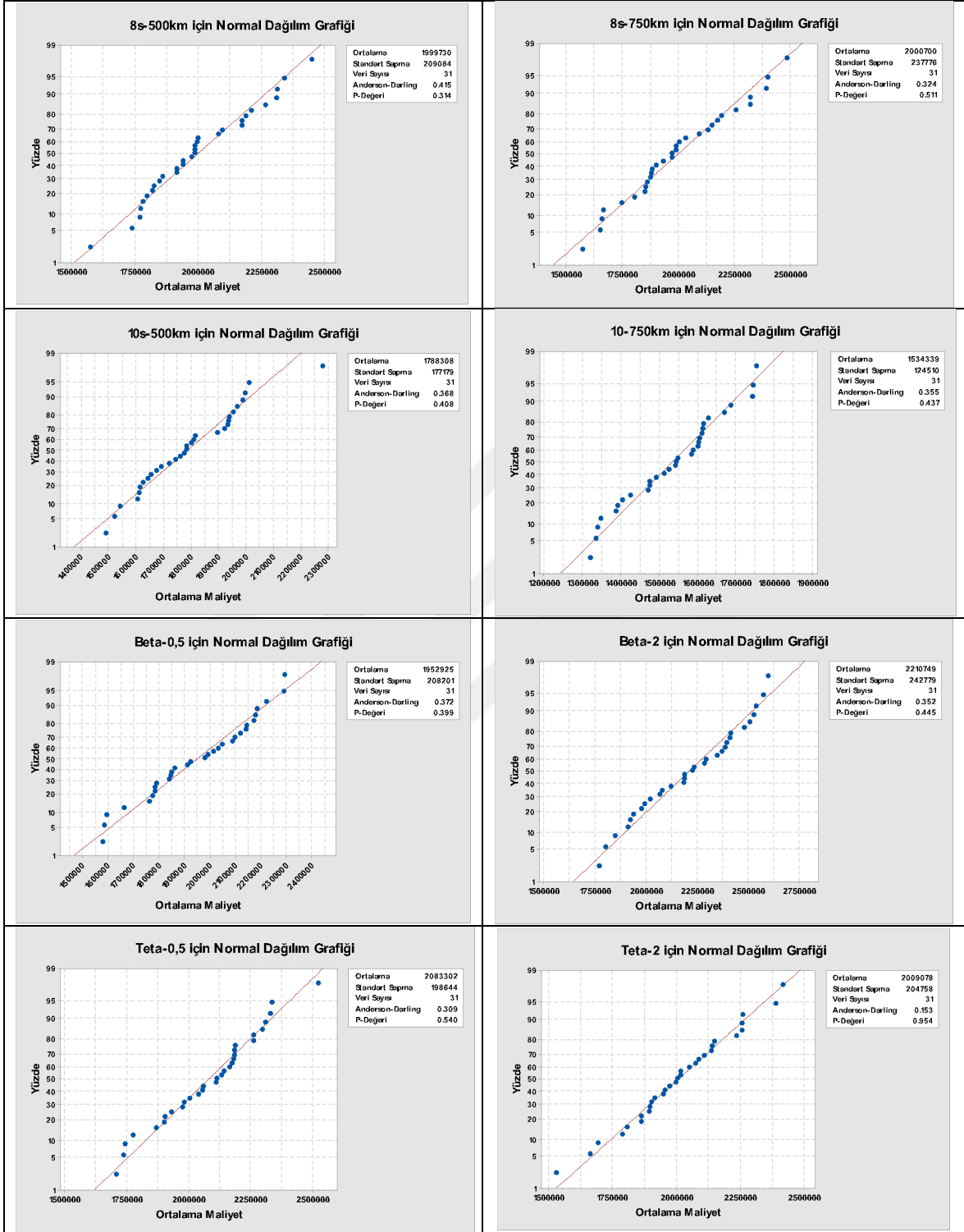
#### Ek 4: Taguchi Deneyi Gözlem Değerleri

Deney No	1. Gözlem	2. Gözlem	3. Gözlem	4. Gözlem	5. Gözlem	6. Gözlem	7. Gözlem
1	2.321.420,13	2.434.335,53	2.577.641,37	2.416.771,32	2.613.321,75	2.218.715,84	2.491.136,62
2	2.193.776,60	2.371.696,46	2.233.646,82	2.390.981,37	2.880.987,91	2.378.674,93	2.695.909,12
3	2.483.090,31	2.337.080,61	2.403.144,21	2.393.567,30	2.662.402,95	2.388.856,72	1.991.601,39
4	1.978.132,72	2.599.778,40	1.837.609,48	2.451.784,47	1.907.159,33	2.305.328,37	2.397.891,84
5	2.261.218,08	2.439.383,64	2.385.364,28	2.253.256,21	2.663.830,85	2.466.735,46	2.497.872,43
6	2.789.550,62	2.544.928,90	2.025.364,09	2.518.901,96	2.234.119,85	2.441.659,67	2.264.258,75
7	2.337.435,27	2.372.561,65	2.323.942,79	2.135.873,04	2.281.047,37	2.038.109,59	2.106.362,92
8	2.027.771,68	2.368.142,18	2.244.880,38	1.972.498,75	2.046.797,97	2.250.540,88	2.054.124,67
9	2.262.200,58	1.807.999,65	2.344.945,99	2.286.695,62	1.972.272,35	2.098.488,47	2.162.795,66
10	2.672.267,58	2.333.081,89	2.243.844,90	2.068.967,00	2.311.189,07	2.345.628,44	2.040.325,67
11	2.394.285,25	2.051.844,68	2.443.047,59	2.306.742,53	2.471.739,69	2.057.328,26	2.088.277,99
12	2.125.208,08	1.955.959,52	2.120.682,03	2.043.672,01	1.722.594,95	2.166.534,49	2.142.142,16
13	2.111.733,95	1.813.155,95	2.274.567,19	2.324.510,60	2.402.660,84	2.763.265,93	2.257.338,95
14	2.070.407,90	2.319.692,79	2.231.489,94	2.354.059,99	2.346.730,12	1.743.055,42	2.457.100,44
15	2.444.503,56	2.192.438,88	2.187.209,88	2.172.723,31	2.275.344,85	2.009.969,02	2.893.763,28
16	2.127.755,51	2.456.474,86	2.044.385,10	2.231.069,95	2.048.425,56	1.773.926,14	1.921.936,87
Deney No	8. Gözlem	9. Gözlem	10. Gözlem	11. Gözlem	12. Gözlem	13. Gözlem	14. Gözlem
1	2.274.324,72	2.739.734,24	2.654.357,66	2.612.310,08	2.343.252,82	2.610.160,17	2.662.486,56
2	2.453.959,92	2.399.078,63	2.376.029,75	2.278.533,46	2.559.628,44	2.166.773,00	2.200.683,81
3	2.257.122,49	2.252.566,10	2.512.097,20	2.724.049,05	2.318.543,10	2.318.668,13	2.049.633,80
4	2.188.226,14	2.128.770,04	2.463.841,15	2.067.299,03	2.113.017,10	2.426.331,93	2.312.143,22
5	2.616.690,60	2.457.449,32	2.367.597,52	2.252.580,11	2.493.409,36	2.961.787,52	2.511.302,29
6	2.712.470,66	2.597.690,64	3.081.715,23	2.261.486,23	2.342.916,83	2.131.467,89	2.296.270,74
7	2.005.012,66	2.175.843,24	1.701.312,21	2.192.343,26	2.354.188,74	2.501.890,87	1.998.590,72
8	2.348.796,31	2.262.074,03	2.146.168,48	1.784.281,80	1.896.076,88	2.135.964,89	1.840.502,02
9	2.443.956,14	2.118.314,96	2.407.635,50	2.478.713,42	2.457.070,67	2.292.077,21	2.575.882,68
10	2.361.606,01	1.871.962,58	2.044.745,52	1.985.836,80	2.604.781,07	2.471.456,47	2.183.670,16
11	2.224.344,79	2.062.345,81	2.653.105,25	2.002.691,39	2.362.898,20	1.956.415,31	2.033.501,30
12	1.898.928,67	1.770.177,42	2.208.912,15	2.092.995,91	2.247.888,49	2.373.795,06	2.015.790,94
13	2.477.995,06	3.112.882,98	2.131.861,91	2.619.324,33	2.345.004,76	2.568.926,72	1.735.029,79
14	2.266.710,30	2.755.095,43	2.370.025,49	2.336.451,53	2.407.412,27	2.650.898,81	1.964.066,77
15	2.325.746,28	2.128.532,48	2.173.129,92	2.309.990,84	2.450.533,99	2.235.444,04	2.520.592,28
16	1.495.138,14	2.252.825,84	2.183.615,07	1.998.577,46	1.848.374,93	1.640.193,47	2.081.997,10
Deney No	15. Gözlem	16. Gözlem	17. Gözlem	18. Gözlem	19. Gözlem	20. Gözlem	21. Gözlem
1	2.408.483,08	2.710.159,67	2.363.690,85	2.371.234,60	2.825.970,54	2.634.745,38	2.203.530,29
2	2.428.421,24	1.981.288,72	2.359.001,96	2.627.233,33	2.395.211,67	2.511.800,56	1.846.186,94
3	1.967.099,50	2.397.513,66	2.252.816,41	2.626.722,75	1.906.040,31	2.035.414,70	2.454.087,10
4	2.236.371,10	1.923.812,78	2.383.202,70	2.521.355,90	2.190.672,51	2.448.080,86	2.326.329,12
5	2.397.157,87	2.467.745,11	2.259.761,92	2.375.912,94	2.438.690,02	2.611.069,11	2.459.388,65
6	2.390.748,50	2.722.333,17	2.055.876,80	2.656.149,05	1.924.779,25	1.832.494,20	2.936.935,68
7	2.120.945,19	2.088.880,03	1.731.354,59	2.600.675,78	2.068.705,08	1.850.283,74	2.007.174,69
8	2.111.534,57	2.335.469,48	1.986.162,96	2.072.094,77	1.963.648,98	2.543.422,75	1.988.900,88
9	2.027.226,79	1.947.045,79	3.020.142,80	2.137.873,77	2.741.948,72	2.124.894,93	2.200.877,48
10	1.976.361,75	1.975.223,48	1.958.893,83	1.969.743,90	2.592.468,94	2.393.273,49	1.918.728,84
11	1.922.104,71	2.453.185,41	2.483.895,61	2.122.243,67	1.955.386,14	2.096.897,68	1.741.850,42
12	2.202.487,31	2.291.247,98	2.220.600,96	1.652.115,19	2.053.378,54	1.918.832,72	2.653.822,46
13	2.812.618,04	2.336.876,71	2.201.137,85	2.270.180,59	2.804.942,80	2.386.192,60	2.260.968,49
14	2.550.469,89	2.238.632,88	2.018.902,89	2.223.062,54	1.854.592,05	2.535.445,95	1.844.287,13
15	2.119.299,30	2.181.826,30	2.111.449,46	2.123.025,79	1.650.967,85	1.906.153,03	2.248.034,17
16	1.946.830,28	2.102.925,25	2.260.484,17	2.060.764,75	2.174.758,95	1.924.600,57	1.711.700,30

**Ek 4 (devamı)**

Deney No	22. Gözlem	23. Gözlem	24. Gözlem	25. Gözlem	26. Gözlem	27. Gözlem	28. Gözlem
1	2.287.806,70	2.226.912,10	2.295.518,09	2.637.234,74	2.477.023,23	2.460.105,81	2.405.771,74
2	2.748.238,11	2.337.719,99	2.280.441,80	2.358.932,34	2.278.659,23	2.327.647,71	2.463.055,37
3	2.100.817,03	2.320.206,20	2.362.708,27	2.224.825,73	2.113.339,32	2.604.963,27	2.440.956,98
4	2.244.693,50	2.106.248,75	2.436.116,60	2.121.105,13	1.896.463,04	2.248.549,64	2.112.917,35
5	2.521.338,14	2.532.031,82	2.365.511,90	2.599.890,22	2.251.249,20	1.987.983,92	2.342.369,02
6	2.315.773,80	2.378.259,88	2.029.049,62	2.497.031,32	2.750.157,38	2.236.124,86	2.311.633,60
7	2.376.589,63	2.035.580,44	1.973.953,92	2.068.663,78	2.694.459,68	2.003.563,86	1.983.087,05
8	2.037.085,02	2.184.819,88	2.279.686,94	1.865.380,51	2.381.064,81	2.389.251,32	1.766.272,26
9	2.121.367,21	2.454.920,65	2.595.463,20	2.544.872,85	2.389.055,99	2.609.572,78	2.247.388,85
10	1.702.727,03	2.300.472,51	2.315.223,36	2.247.972,15	2.421.341,90	1.980.136,23	2.448.889,53
11	1.670.580,04	1.972.263,70	2.240.564,86	2.181.138,62	2.093.058,52	2.442.949,14	2.382.466,43
12	2.015.885,43	2.002.846,61	2.130.416,47	2.172.496,17	2.346.224,93	2.239.592,02	2.194.294,28
13	2.276.895,51	2.841.558,60	2.122.190,24	2.248.948,87	2.012.876,12	2.249.671,80	2.204.846,34
14	2.108.556,31	2.073.777,42	2.228.746,00	2.164.289,77	2.398.467,06	2.203.520,73	1.968.949,80
15	1.718.758,80	2.068.876,96	1.914.075,68	1.825.691,12	2.265.836,58	2.245.594,26	2.393.436,88
16	1.782.452,92	2.449.499,28	2.371.305,94	2.116.267,40	2.036.268,37	2.036.853,64	1.738.976,47
Deney No	29. Gözlem	30. Gözlem	31. Gözlem				
1	2.520.452,82	2.523.775,76	2.816.453,75				
2	2.348.701,67	2.599.760,72	2.543.966,55				
3	2.160.253,74	2.173.329,60	1.989.414,10				
4	2.412.009,19	2.258.335,51	2.414.080,27				
5	2.286.797,36	2.311.756,86	2.321.240,27				
6	2.645.945,98	2.388.929,85	2.110.000,15				
7	2.166.186,07	2.238.122,91	2.157.109,82				
8	2.205.841,85	2.393.536,48	2.179.012,49				
9	1.730.806,24	2.267.009,65	2.762.390,53				
10	2.318.552,15	2.234.861,94	2.222.048,66				
11	2.323.938,52	2.267.944,48	1.525.519,37				
12	2.099.505,46	1.716.007,27	1.875.974,74				
13	2.477.729,30	2.333.898,52	2.615.301,88				
14	2.239.605,74	1.893.736,79	1.995.224,99				
15	2.309.024,33	1.777.662,91	2.434.872,84				
16	2.640.896,27	2.239.050,96	2.047.675,89				

## Ek 5: Duyarlılık Grupları İçin Normal Dağılım Tabloları



## ÖZGEÇMİŞ

Gökhan AĞAÇ, 14.04.1986 tarihinde Iğdır İli Merkez İlçesi'nde doğdu. 2001 yılında Iğdır Atatürk İlköğretim Okulu'nu; 2005 yılında Iğdır Atatürk Lisesi'ni; 2009 yılında da Zonguldak Karaelmas Üniversitesi - Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü'nü bitirdi. 2011 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalında yüksek lisans programından mezun oldu. 2011 yılında Abant İzzet Baysal Üniversitesi - Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalında Doktora Programına kayıt yaptırdı ve daha sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi - Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı Doktora Programına yatay geçiş yaptı. 2012 yılından itibaren Gümüşhane Üniversitesi - Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

AĞAÇ, evli ve bir çocuk babası olup İngilizce bilmektedir.