

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAN TEDARİK ZİNCİRİ DAĞITIM AĞI MODELLEMESİ VE
HİBRİT GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ**

Esra AYHAN

DOKTORA TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ

Mart, 2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAN TEDARİK ZİNCİRİ DAĞITIM AĞI MODELLEMESİ VE HİBRİT
GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ**

Esra AYHAN tarafından hazırlanan tez çalışması 18.03.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Funda SAMANLIOĞLU, Üye
Kadir Has Üniversitesi

Doç. Dr. Nezir AYDIN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Muhammet GÜL, Üye
Munzur Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Kan Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Modellemesi ve Hibrit Genetik Algoritma ile Çözümü başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Esra AYHAN

İmza

Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü'nün 2016-06-03-DOP02 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

En Büyük Destekçim Aileme

TEŞEKKÜR

Kan, tek kaynağı insan olan ve hayati öneme sahip özel bir üründür. Kıt kaynağa sahip bu özel ürüne ait tüm süreçlerin etkili ve verimli yönetilmesi gerekmektedir. Kan veya kana ait herhangi bir ürünün ziyan olmasına izin vermemek için kan tedarik zinciri yönetimine önem vermek gerekir.

Bu tez çalışmasında, kan tedarik zincirinin dağıtım aşaması dikkate alınarak kan bankalarından hastanelere kan ürünlerinin gönderiminin planlanması amaçlanmıştır. Kan dağıtım probleminin çözümü için matematiksel model kurulmuş ve metasezgisel bir algoritma geliştirilerek problemin çözümü sağlanmıştır.

Lisans eğitimimden itibaren danışmanım olan ve tez çalışması sürecinde, desteğini ve yardımlarını esirgemeyen, özveri ile bu süreçte benimle ilgilenen ve her zaman yanımda olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Alev Taşkın Gümüş'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitesinde bulunarak tezimin ilerlemesi ve yönlendirilmesinde büyük katkıda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Funda Samanlıoğlu'na ve Doç. Dr. Nezir Aydın'a teşekkürlerimi sunarım. Yardımlarını ve fikirlerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Ercan Bayazıtlı, Prof. Dr. Akın Koçak ve Prof. Dr. Alper Özer'e teşekkür ederim. Desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen babam Ersin Ayhan, annem Gülay Ayhan, değerli ailem Emre, Sıla ve Mert Ayhan'a, rahmetli anneannem ve dedeme; bilgisi ve değerli fikirleriyle her zaman yanımda olan Dr. Öğr. Üyesi Elif Tuğba Doğan'a ve doktora sürecinde desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Esra AYHAN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	ix
KISALTMA LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xv
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.1.1 Toplama.....	2
1.1.2 Dağıtım	7
1.1.3 Envanter	10
1.1.4 Birden fazla aşama	22
1.2 Tezin Amacı	31
1.3 Hipotez	32
2 KAN TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ	33
2.1 Kan Ürünleri	34
2.1.1 Tam Kan	39
2.1.2 Eritrosit	39
2.1.3 Donmuş Plazma.....	39
2.1.4 Trombosit	39
2.1.5 Kan Grupları (ABO ve Rh Gruplaması)	40
2.2 Kan Tedarik Zincirinin Aşamaları.....	40
2.2.1 Toplama	41
2.2.2 Üretim	41
2.2.3 Envanter	41
2.2.4 Dağıtım.....	42
2.3 Kan Tedarik Zincirinde Yer Alan Birimler	42
2.3.1 Kan Bağış Noktaları	42
2.3.2 Bölge Kan Merkezleri	44

2.3.3 Kan Transfüzyon Merkezleri.....	46
3 TEZ ÇALIŞMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER	48
3.1 Tavlama Benzetimi Algoritması	48
3.1.1 Başlangıç Sıcaklığı	51
3.1.2 Soğutma Fonksiyonu	51
3.1.3 İterasyon Sayısı	52
3.1.4 Durdurma Koşulu	52
3.2 Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması.....	52
3.3 Genetik Algoritma	54
3.3.1 Çözümlerin Kodlanması.....	56
3.3.2 Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması.....	57
3.3.3 Uygunluk Değerinin Hesaplanması.....	57
3.3.4 Seçim.....	57
3.3.5 Çaprazlama	58
3.3.6 Mutasyon.....	60
3.3.7 Yeni Jenerasyonun Oluşturulması ve Durdurma Kriteri.....	60
4 KAN TEDARİK ZİNCİRİ DAĞITIM AĞI OPTİMİZASYON PROBLEMİNİN HİBRİT GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMLENMESİ	62
4.1 Kurum Tanıtımı.....	62
4.2 Problemin Tanımı	63
4.3 Problemin Matematiksel Modeli.....	64
4.4 Geliştirilen Hibrit Genetik Algoritma ile Problemin Çözümü.....	67
4.4.1 Çözümün Gösterimi.....	67
4.4.2 Problem Verilerinin MS Excel Üzerinden Okunması.....	68
4.4.3 Geliştirilen Hibrit Genetik Algoritma Parametrelerinin Belirlenmesi.....	68
4.4.1 Adım 1: Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması	69
4.4.2 Adım 2: Uygunluk Fonksiyonu Değerinin Değerlendirilmesi ...	69
4.4.3 Adım 3: Yeni Popülasyonu Oluşturma	70
4.4.4 Adım 4: Çözümleme (Decoding)	71
4.4.5 Adım 5: Elit Stratejisini (Elitizm)Uygulama	72
4.4.6 Adım 6: Clarke ve Wright Tasarruf Algoritmasının Uygulama.	73
4.4.7 Adım 7: Algoritmayı sonlandırma.....	74
4.5 Kan Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Probleminin Çözümü.....	76

4.5.1 Kan Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Probleminin Küçük Büyüklükteki Veri Seti için GAMS ile Çözümü	77
4.5.2 Kan Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Probleminin Geliştirilen Hibrit Genetik Algoritma ile Çözümü.....	81
4.5.3 Çözümlerin Karşılaştırılması.....	88
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	92
KAYNAKÇA	94
A ÇÖZÜMDE KULLANILAN VERİLERİ	110
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	115

SİMGE LİSTESİ

v	Araç kümesi
z_{jn}	j hastanesi n kan merkezinden gönderim alma karar değişkeni
d_{jp}	j hastanesinin p kan ürününe talep miktarı
n	Kan merkezi ve hastanelerden oluşan düğüm kümesi
P	Kan ürünü kümesi
w_{np}	n kan merkezindeki p ürünü kapasitesi
C_{nj}	n ve j noktası arasındaki km cinsinden uzaklık
u_{njvp}	n ve j noktasına v aracı ile gönderilen p kan ürünü miktarı
q_v	v aracının kan ürünü taşıma kapasitesi
x_{njv}	v aracının n noktasından j noktasına hareket karar değişkeni

KISALTMA LİSTESİ

D.H.	Devlet Hastanesi
E.A.H.	Eğitim ve Araştırma Hastanesi
FIFO	İlk Giren İlk Çıkar
H.	Hastane
İ.D.H.	İlçe Devlet Hastanesi
K.M.	Kan Merkezi
LIFO	Son Giren İlk Çıkar
MDMPVRP	Çok Depolu Çok Ürünlü Araç Rotalama Problemi
Ü.H.	Üniversite Hastanesi
Ü.T.F.H.	Üniversite Tıp Fakültesi Hastanesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Kan tedarik zincirinin aşamaları.....	41
Şekil 2.2 Kan bağış noktalarında kan bağış süreci	43
Şekil 2.3 Kan transfüzyon merkezlerindeki süreç.....	47
Şekil 2.4 Kan ürünlerinin kan tedarik zincirinde birimler arasındaki akışı.....	47
Şekil 3.1 Metropolis algoritması terimleri ile tavlama benzetimi algoritması terimleri	49
Şekil 3.2 Tavlama benzetimi algortması	50
Şekil 3.3 Clarke ve Wright tasarruf algortması	53
Şekil 4.1 Türk Kızılayı kan tedarik zinciri	63
Şekil 4.2 Örnek kromozom gösterimi.....	68
Şekil 4.3 Örnek çaprazlama ve mutasyon gösterimi.....	71
Şekil 4.4 Önerilen hibrit genetik algortma.....	75
Şekil 4.5 Türk Kızılayı Orta Anadolu Kan Bölgesi	76
Şekil 4.6 Küçük veri seti için GAMS sonuç ekranı	80
Şekil 4.7 Küçük veri seti için çalıştırılan MATLAB ekranı.....	82
Şekil 4.8 Küçük veri seti için MATLAB sonuç ekranı	83
Şekil 4.9 Problem verileri ile çalıştırılan MATLAB ekranı.....	85
Şekil 4.10 Problem veri seti için MATLAB sonuç ekranı.....	86
Şekil 4.11 Genetik algoritma- hibrit genetik algoritma karşılaştırması	91

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Kan tedarik zincirinin kan toplama aşamasına ilişkin literatürün özeti	5
Tablo 1.2 Kan tedarik zincirinin kan dağıtım aşamasına ilişkin literatürün özeti	9
Tablo 1.3 Kan tedarik zincirinde envanter yönetimine ilişkin literatürün özeti	17
Tablo 1.4 Kan tedarik zincirinde birden fazla aşamayı ele alan çalışmalara ilişkin literatürün özeti.....	27
Tablo 2.1 Dikkate alınan kan ürünlerine göre kan tedarik zinciri yönetimi literatürü	34
Tablo 2.2 Kan ürünlerinin depolanma koşulları.....	45
Tablo 3.1 Genetik algoritma kavramları	55
Tablo 4.1 Küçük veri seti için hastaneler ve kan bankaları arası mesafeler.....	77
Tablo 4.2 Küçük veri seti için hastanlerin kan ürünü bazında talepleri	79
Tablo 4.3 Küçük veri seti için kan merkezlerinin kan ürünü bazında kapasiteleri	80
Tablo 4.4 Küçük veri setinin geliştirilen hibrit genetik algoritma ile 10 kez çalıştırılması sonucunda elde edilen amaç fonksiyonu değerleri ve çözüm süreleri.....	82
Tablo 4.5 Gerçek veri setinin geliştirilen hibrit genetik algoritma ile 10 kez çalıştırılması sonucunda elde edilen amaç fonksiyonu değerleri ve çözüm süreleri.....	85
Tablo 4.6 12+3'lük küçük veri seti için sonuçların karşılaştırılması	89
Tablo 4.7 Genetik algoritma ile elde edilen sonuçlar	89
Tablo 4.8 Hibrit genetik algoritma ile elde edilen sonuçlar	90

Kan Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Modellemesi ve Hibrit Genetik Algoritma ile Çözümü

Esra AYHAN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ

Tedarik zinciri yönetimi işletmeler için büyük öneme sahip bir unsurdur. Son yıllarda yapılan akademik çalışmaların yoğunluğu da bu durumu desteklemektedir. Konu kan tedarik zinciri yönetimi olduğunda, bu önem daha da artmaktadır. Kan, tek kaynağı insan olan ve dünya geneline bakıldığında ticareti yasak olup gönüllük esasına göre elde edilen bir üründür. Bu kıt kaynaklı ürün aynı zamanda çabuk bozulabilir olduğu için, bağışçıdan başlayıp hastada son bulan ve birden fazla aşama içeren kan tedarik zinciri yönetimine verilmesi gerek fazladır. Kan tedarik zinciri, dünya genelinde çoğunlukla ulusal bir stratejiyle yönetilmektedir.

Bu tez çalışmasında, kan tedarik zincirinin dağıtım evresi dikkate alınarak, bölge kan merkezlerinden (kan bankaları) kan transfüzyon merkezlerine (hastanelere) olan kan ürünlerinin gönderimi ele alınmıştır. Literatür araştırması sonucunda kan tedarik zincirine yönelik çalışmalarda daha az çalışılan dağıtım faaliyeti için kan bankaları ve hastaneler arasında ürün çeşidine bağlı hastane talebi ve kan merkezi kapasitesi dikkate alınarak en düşük mesafeli araç rotaları oluşturulmaya

alışılmıştır. Bu problemin çözümü için öncelikle problemin matematiksel modeli oluşturulmuştur. Literatürde çok depolu çok ürünli araç rotalama problemi sınıfında yer alan bu problem, polinom zamanda özölmesi zor problemler sınıfında yer almaktadır. Bu nedenle problemin çözümü için hibrit bir genetik algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen hibrit genetik algoritma MATLAB ile kodlanarak, Türk Kızılay'ından elde edilen Orta Anadolu Bölgesi verileri ile çalıştırılmıştır. Algoritmadan elde edilen veriler değerlendirilerek, algoritmanın optimale yakın sonuçları daha kısa hesaplama zamanı ile ortaya koyduğu gösterilmiştir.

Bu tez çalışması ile gerçek hayat verileri kullanılarak, literatürde az çalışılan kan tedarik zincirinin dağıtım aşaması için hibrit sezgisel çözüm sunularak literatüre katkı sağlanmışır.

Anahtar Kelimeler: Kan tedarik zinciri, dağıtım, araç rotalama problemi, genetik algoritma, hibrit sezgisel algoritma.

Blood Supply Chain Distribution Network Modeling and Solution with Hybrid Genetic Algorithm

Esra AYHAN

Department of Industrial Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Advisor: Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ

Supply chain management has great importance for businesses. The intensity of academic studies in recent years, also supports this notion. When it comes to blood supply chain management, its importance is further increased. Because blood is the only source of human and trade ban is a product obtained on a voluntary basis when we look at the world in general. Since this scarce product is also perishable, it is highly necessary to give it to the management of the blood supply chain, which includes multiple stages, starting from the donor to the patient. Blood supply chain, across the globe are mostly governed by a national strategy.

In this thesis, the delivery of blood products from the regional blood centers (blood banks) to blood transfusion centers (hospitals) is considered, taking into account the distribution phase of the blood supply chain. In the literature research, for the distribution, which has been studied very little in the studies on the blood supply chain, it has been tried to create vehicle routes with the lowest distance between blood banks and hospitals, taking into account the hospital demand and blood bank capacity depending on the product type. In order to solve this problem, first

the mathematical model of the problem is developed. This problem, which is in the class of multi-depot multi-product vehicle routing problem (MDMPVRP) in the literature, is in the class of problems that are difficult to solve in polynomial time (NP-hard). Therefore, a hybrid genetic algorithm has been developed to solve the problem. The developed hybrid genetic algorithm is coded with MATLAB and operated with the Central Anatolian Region data obtained from the Turkish Red Crescent. Evaluating the data obtained from the algorithm, it has been shown that the algorithm produces near-optimal results with shorter calculation time.

This thesis contributed to the literature by presenting a hybrid heuristic solution for the distribution phase of a field blood supply chain that has been less studied in the literature using real life data.

Keywords: Blood supply chain, distribution, vehicle routing problem, genetic algorithm, hybrid heuristic algorithm.

Kan, tek kaynağı insan olan ve hayati öneme sahip özel bir üründür. Kıt kaynağa sahip bu özel ürüne ait tüm süreçlerin etkili ve verimli yönetilmesi gerekmektedir. Kan veya kana ait herhangi bir ürünün ziyan olmasına izin vermemek için kan tedarik zinciri yönetimine önem vermek gerekir.

1.1 Literatür Özeti

Kan tedarik zinciri yönetimine ait ayrıntılı bir literatür incelemesi bu bölümde sunulmaktadır. Kan tedarik zincirini dikkate alan 1970'den 2020'ye kadar yayınlanmış 162 makale dikkate alınmıştır. Literatür incelemesi için, başlıkta, anahtar kelimelerde ve/veya özetinde “kan” ve “tedarik zinciri” anahtar sözcük çiftlerine dayalı olarak bir tarama yapılmıştır. Aşağıdaki veritabanları incelenmiştir: Elsevier, Springer, Taylor & Francis, Sage, IOS Press, World Scientific, ASCE, ASTM, Cambridge, Emerald, Wiley, IEEEExplore, Scientific.Net ve Google Scholar.

İlk olarak, burada incelenen makaleler, kan tedarik zincirinin aşamalarına göre (1) Toplama, (2) Dağıtım, (3) Envanter ve (4) Entegre (birden fazla aşamayı dikkate alması) şeklinde gruplara ayrılmıştır. Daha sonra, dikkate aldıkları aşamalara göre makaleler, kullandıkları araştırma tekniklerine göre kategorize edilir. Bu teknikler şu şekilde gruplanabilir: örnek olay çalışması, veri zarflama analizi, veri madenciliği, karar destek sistemleri, dinamik programlama, sezgisel yöntemler, tamsayılı programlama, doğrusal programlama, literatür araştırması, yönetsel inceleme, Markov karar süreci, matematiksel kanıt/ türetme, çok kriterli karar verme, çok amaçlı matematiksel modelleme, miyopik algoritma, ağ optimizasyonu, kuyruk modeli, sağlam optimizasyon, simülasyon, istatistiksel analiz, stokastik programlama, anket, hayatta kalma analizi ve sistem tasarımı, birden fazla yöntem kullanan çalışmalar ve sezgisel yöntemlerle diğer yöntemlerin birlikte kullanıldığı çalışmalar.

1.1.1 Toplama

Kan tedarik zincirinin kan toplama aşaması, kan ve kan ürünlerinin toplama noktalarında vericilerden alınması ve kan merkezine / bankasına nakledilmesidir. Toplama noktaları mobil / geçici yerler veya sabit yerler olabilir (Nagurney, Masoumi ve Yu, 2012). Toplanan kan, işleme (kan ürünlerine ayırma) ve gerekli testlerin yapıldığı kan merkezine nakledilir ve dağıtım için orada saklanır (Osorio, Brailsford ve Smith, 2015).

Cumming, Kendall, Pegels, Seagle ve Shubsda (1976) çalışmalarında arz ve talep arasındaki mevsimsel dengesizlikleri azaltacak kan toplamayı planlaması için Markov karar sürecini kullanan bir model geliştirmişlerdir.

Brennan, Golden ve Rappoport (1992), Custer vd. (2005), Lowalekar ve Ravichandran (2010), Alfonso, Xie, Augusto ve Garraud (2012), Jørgensen, Jacobsen ve Poulsen (2013) ve Alfonso, Xie, Augusto ve Garraud (2013) çalışmalarında simülasyon tekniğini kullanmaktadırlar. Brennan vd. (1992), kan bağıışı için gerekli bekleme hatları ve süre ile ilgili müşteri hizmetleri ve üretkenliği analiz etmek için kan arabaları için bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Custer vd. (2005) bağıışçı, bağıış ve maliyet faktörlerinin açık bir şekilde değerlendirilmesi için topluluk kan tedarik modelinin Kohort simülasyon modelini geliştirmişlerdir. Lowalekar ve Ravichandran (2010)'ın simülasyon modeli, aşırı toplama yoluyla israfı azaltmak için kan toplama için iki yeni kesme seviyesi politikasını dikkate almaktadır. Alfonso vd. (2012), Fransa'da hem sabit bölge hem de mobil kan toplama için kan toplama sistemini modellemektedir. Jørgensen vd. (2013), kan örneklerinin kan toplama bölgeleri ve laboratuvar arasında taşınmasında yapılan değişiklikleri değerlendirmek için simülasyon kullanmaktadır. Alfonso vd. (2013), kentsel ve kırsal ortamlarda sabit kan toplama yerleri ve mobil noktalar için bir kan toplama model geliştirmek üzere Petri ağ modellerini kullanmışlardır.

Melnyk, Pagell, Jorae ve Sharpe (1995), hayatta kalma analizi olarak yeni bir yöntem önermekte ve bu tekniği kan toplama için donörlerin işleme sürelerine uygulamaktadır.

Glynn vd. (2003), Godin vd. (2005) ve Schreiber vd. (2006) kan tedarik zincirinde toplama basamağını değerlendirmek için anket yöntemini kullanmıştır. Glynn vd. (2003) bir ulusal felaketin kan bağıışı üzerindeki etkisini analiz etmek için anket kullanmaktadır. Godin vd. (2005) kan bağıışı yapma niyetini açıklayan faktörleri belirleyici bir çalışma yapmıştır. Schreiber vd. (2006) donör dönüşü için çeşitli potansiyel caydırıcı unsurları incelemiş ve donör demografik özellikleriyle ilgili benzerlikleri ve farklılıkları Amerikan Kızılhaçı'ndaki 36896 donörle ortaya koymuştur.

Custer vd. (2004), Sönmezoglu vd. (2005), Bosnes, Aldrin ve Heier (2005) ve Schreiber vd. (2005) toplama basamağı için istatistiksel analiz tekniklerini çalışmalarında kullanmaktadır. Custer vd. (2004), Pasifik Kan Merkezlerindeki donörün geciktirilmesi/ertelenmesi ve yanlış toplama nedeniyle bağıışlanan kandaki kayıpların miktarını tanımlamaktadır. Sönmezoglu vd. (2005) bir doğal afetin kan temini üzerindeki etkisini belirlemek için istatistiksel analiz kullanmaktadır. Bosnes vd. (2005), planlanan kan donörlerinin gelişinin istatistiksel modellerle tahmin edilip edilemeyeceğini ve eğer öyleyse, kan donörünün gelişini tahmin etmek için hangi değişkenlerin önemli olduğunu araştırmak için lojistik regresyon analizi uygulamışlardır. Schreiber vd. (2005) ilk kez kan veren 179409 kan bağıışçısının ilk bağıışlarından sonraki 12 ay boyunca düzenli kan bağıışçısı haline gelen bağıışçıları incelemek için lojistik regresyon analizi uygulamışlardır.

Mobasher, Ekici ve Özener (2015), Alfonso, Augusto ve Xie (2015) ve Chaiwuttisak vd. (2016) kan tedarik zincirinin toplama basamağı için tamsayı modelleme tekniğini çalışmalarında uygulamışlardır. Mobasher vd. (2015), kan bağıış yerlerinde toplama ve randevu planlama operasyonları için karma bir tamsayılı programlama modeli geliştirmiştir. Alfonso vd. (2015), karma tamsayılı programlama modelini ile iki aşamalı kan mobil toplama planı önermektedir; ilk adım modeli haftalara göre yıllık planlama yapar ve ikinci adımda toplam çalışma süresini en aza indirmek amacıyla günlere göre ayrıntılı haftalık plan belirlenir. Chaiwuttisak vd. (2016) iki farklı kan toplama tesisi için (sadece bir bağıış odası

olan tesis ve düşük maliyetli dağıtım merkezi olan bir bağış tesisi) yer ve açılma karar vermek için ikili tamsayı programlama modeli geliştirmiştir.

Testik, Özkaya, Aksu ve Özcebe (2012), hem günlük hem de saatlik donör gelişini belirlemek için iki aşamalı kümeleme yöntemini ve sınıflandırma ve regresyon ağaçları yöntemini arka arkaya kullanarak veri madenciliği tekniğini ile çalışmışlardır.

Szołtysek, Twaróg ve Wronka (2013) sosyal ağların kan bağışı üzerindeki etkisini ortaya koymak için örnek olay incelemesi yapmışlardır.

Şahin, Süral ve Meral (2007), Zahiri, Torabi, Mousazadeh ve Mansouri (2015) ve Ramezani ve Behboodi (2017) makalelerinde birden fazla yöntemi birlikte kullanmaktadır. Şahin vd. (2007) bölgesel düzeyde kan hizmetlerinin lokasyon problemi için pq-medyan, küme kaplama ve tamsayılı programlama tekniklerine dayalı bir model geliştirmiştir. Zahiri vd. (2015), karma tamsayılı programlama ve robust olasılıklı programlama kullanarak talep ve arz verilerindeki epistemik belirsizlikle başa çıkmak için bir model geliştirmiştir. Ramezani ve Behboodi (2017), karma tamsayılı doğrusal programlama ve robust optimizasyon kullanarak bağışçıların davranışına ilişkin sosyal yönler olarak mesafe, reklam maliyeti ve deneyim faktörünü dikkate alan kan toplama ağının tasarlanması için matematiksel bir model önermektedir.

Grasas vd. (2014), Elalouf, Hovav, Tsadikovich ve Yedidsion (2015) ve Şahinyazan, Kara ve Taner (2015), sezgisel yöntemlerle birleştirilen araştırma tekniklerini kullanmaktadır. Grasas vd. (2014) araç rotalama problemi olarak kan örnekleri toplama rotaları için bir model geliştirmiş ve genetik algoritmayı kullanmıştır. Elalouf vd. (2015), kan örneği toplama zincirini iyileştirmek için bir model geliştirmek için dinamik programlamayı kullanır ve önerilen modeli çözmek için "tam bir zaman yaklaştırma şeması (a fully time approximation scheme- FPTAS)" kullanmaktadır. Şahinyazan vd. (2015), bir taşıyıcı araçlı yeni bir mobil toplama sistemi için bir araç rotalama problemi geliştirmiştir, böylece turdaki mobil kan arabaları toplanan kanları depoya aktarılabilir ve modelin çözümü için kendi 2 aşamalı tamsayılı programlama algoritması tabanlı sezgisel algoritmalarını kullanmışlardır.

Tablo 1.1, kan tedarik zincirinin toplama aşamasına ait literatürü özetlemektedir. Tablodaki birinci ve ikinci sütun, makalenin yazarlarını ve yayınlanma yılını gösterir. Üçüncü sütun, makalede hangi araştırma tekniğinin kullanıldığını açıklamaktadır. Dördüncü sütun, araştırma tekniğinin geçerliliğini göstermek için hangi verilerin kullanıldığını gösteren uygulamadır. Son karar düzeyi sütunu, bu makale için hangi kan tedarik zinciri üyelerinin dikkate alındığını göstermektedir.

Tablo 1.1 Kan tedarik zincirinin kan toplama aşamasına ilişkin literatürün özeti

YAZAR	YIL	YÖNTEM	UYGULUMA	KARAR DÜZEYİ
Cumming vd.	1976	Markov karar süreci	İki bölgesel kan tedarikçisi	Bölgesel kan merkezi
Brennan vd.	1992	Simülasyon	Kızılhaç	Mobil toplama noktası
Melnyk vd.	1995	Hayatta kalma analizi	Amerikan Kızılhaçı - Lansing, Michigan	Bağışçılar
Glynn vd.	2003	Anket	11 Eylül 2001 saldırısı	-
Custer vd.	2004	İstatistiksel analiz	Pasifik Kan Merkezleri	Kan merkezi
Custer vd.	2005	Simülasyon	Pasifik Kan Merkezleri	Kan merkezi ve bağışçılar
Bosnes vd.	2005	İstatistiksel analiz	Oslo Kan Bankası - 971 günlük sürede ve 179.121 görüşme	Bağışçılar
Schreiber vd.	2005	İstatistiksel analiz	179.409 tam kan bağışçısı	Bağışçılar
Godin vd.	2005	Anket	4.000 rastgele cevaplayıcı	Bağışçılar
Sönmezoglu vd.	2005	İstatistiksel analiz	Türkiye - bir üniversite hastanesi ve iki bölgesel kan merkezi	Bölgesel kan merkezi ve hastane kan merkezi
Schreiber vd.	2006	Anket	Amerikan Kızılhaçı- 36.896 bağışçı	Bağışçılar
Şahin vd.	2007	Birden fazla yöntem kullanan	Türkiye- Türk Kızılayı	Bölgesel kan merkezi, kan merkezi ve mobil toplama noktası
Lowalekar ve Ravichandran	2010	Simülasyon	Güney Hindistan'da bir kan bankası	Kan merkezi

Tablo 1.1 Kan tedarik zincirinin kan toplama aşamasına ilişkin literatürün özeti
(devamı)

Alfonso vd.	2012	Simülasyon	Fransa	Kan toplama noktası
Testik vd.	2012	Veri madenciliği	Türkiye- Ankara, Hacettepe Üniversitesi Hastanesi kan merkezi	Kan merkezi
Jørgensen vd.	2013	Simülasyon	Danimarka’da bir devlet hastanesi	Hastane
Szołtysek vd.	2013	Örnek olay çalışması	Polonya	Ulusal kan hizmetleri
Alfonso vd.	2013	Simülasyon	Fransa	Kan toplama noktası
Grasas vd.	2014	Sezgisel yöntemlerle diğer yöntemleri birlikte kullanan	İspanya – Katalonya	Laboratuvar
Zahiri vd.	2015	Birden fazla yöntem kullanan	İran	Geçici kan tesisleri ve kan merkezi
Elalouf vd.	2015	Sezgisel yöntemlerle diğer yöntemleri birlikte kullanan	Clalit- İsrail	Laboratuvar
Şahinyazan vd.	2015	Sezgisel yöntemlerle diğer yöntemleri birlikte kullanan	Türk Kızılayı- Ankara ve İstanbul’un Avrupa yakası	Mobil toplama noktası ve depolar
Mobasher vd.	2015	Tamsayılı programlama	Gulf Cost Bölgesel Kan Merkezi- Houston, Teksas	Kan toplama noktası
Alfonso vd.	2015	Tamsayılı programlama	Fransız kan hizmetleri - Auvergne-Loire Bölgesi	Kan toplama noktası ve bölgesel kan merkezi
Chaiwuttisak vd.	2016	Tamsayılı programlama	Tayland Kızılhaç Derneği	Kan toplama noktası, ulusal kan hizmetleri, bölgesel kan merkezi ve hastane

Tablo 1.1 Kan tedarik zincirinin kan toplama aşamasına ilişkin literatürün özeti
(devamı)

Ramezani ve Behboodi	2017	Birden fazla yöntem kullanan	Tahran- İran	Kan tesisleri (kalıcı ve geçici) ve kan merkezi
----------------------	------	------------------------------	--------------	---

1.1.2 Dağıtım

Kan tedarik zincirinin dağıtım aşaması, kan ve/veya kan ürünlerini kan merkezinden/ bankasından talep noktası olan hastanelere ya da tedavi merkezlerine transferini ifade etmektedir.

Or ve Pierskalla (1979), Federgruen, Prastacos ve Zipkin (1986), Doerner, Gronalt, Hartl, Kiechle ve Reimann (2008) ve Hemmelmayr, Doerner, Hartl ve Savelsbergh (2010) kan tedarik zincirlerinin dağıtım aşaması için tamsayı programlama tekniğini kullanırlar. Or ve Pierskalla (1979) kan bankaları için yer seçimi, hastanelerin kan bankalarına atanması ve periyodik kan dağıtım yollarını belirlemek için karma tamsayılı doğrusal modeli geliştirmişlerdir. Federgruen vd. (1986), bozulabilir envanterin hem atanmasına hem de dağıtımına karar vermek için araç rotalama problemini kullanırlar. Doerner vd. (2008), çoklu birbirine bağlı zamanlı araç rotalama problemini çözmek için bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli önermektedirler. Hemmelmayr vd. (2010), stokastik ürün kullanımı için bir kan bankasından hastanelere kan ürünlerinin tedariki için dağıtım yollarını planlamak için bir model geliştirmiştir.

Çetin ve Sarul (2009) ve Sha ve Huang (2012) dağıtım aşaması için doğrusal olmayan programlama modelleri uygulamaktadır. Çetin ve Sarul (2009), hastaneler veya klinikler arasında kan bankalarının yeri için, kesikli konum yaklaşımı için küme kaplama modelini ve sürekli yerleşim modeli için ağırlık merkezi yönteminin kapsayan karma bir durum için ikili doğrusal olmayan hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Sha ve Huang (2012), acil durum kan tedarik planlaması için dinamik çok dönemli bir yer seçimi- dağıtım problemi oluşturmak amacıyla doğrusal olmayan programlama modeli önermektedir.

Brodheim ve Prastacos (1979) ve Prastacos ve Brodheim (1980), kan tedarik zincirlerinin dağıtım aşaması için karar destek sistemleri geliştirmişlerdir.

Brodheim ve Prastacos (1979), kan dağıtımlarını planlamak için karar destek sistemini kullanan Programlı Kan Dağıtım Sistemini (Programmed Blood Distribution System- PBDS) önermektedir. Prastacos ve Brodheim (1980), etkili kan yönetimi için bir karar destek sistemi geliştirmiştir.

Sapountzis (1989), bölgesel kan merkezinden hastanelere kan ataması için stokastik bir programlama modeli önermektedir.

Blake, McTaggart ve Hardy (2015), Kanada kan hizmetinin yenilenme süreci ile tesis konsolidasyon sürecini değerlendirmek için bir simülasyon çalışması uygulamıştır.

Hemmelmayr, Doerner, Hartl ve Savelsbergh (2009), Li ve Liao (2012), Salehipour ve Sepehri (2012) ve Kaveh ve Ghobadi (2017), sezgisel yöntemlerle başka teknikleri birlikte kullandıkları çalışmalar yapmışlardır. Hemmelmayr vd. (2009), kan ürünlerinin dağıtımını organize etmek için uygun maliyet amaçlı bir tamsayılı programlama modeli geliştirmiştir ve sezgisel yöntem olarak değişken komşu aramasını kullanmıştır. Li ve Liao (2012) dinamik Taguchi yöntemi, sınır ağı ve genetik algoritma kullanarak hastaların toplam maliyetini ve güvenliğini göz önünde bulundurarak robust bir kan tedarik zinciri sistemi tasarlamıştır. Salehipour ve Sepehri (2012), hastanelerin ve tıp merkezlerinin toplam bekleme sürelerini en aza indirmek amacıyla küme kaplama ve karma tamsayı programlama modelleri ile kan dağıtım yönetiminde karar vermeyi desteklemek için yeni bir uygulama geliştirmiştir. Kaveh ve Ghobadi (2017), hastanelerin kan merkezlerine atanması için toplam mesafeyi en aza indirecek olarak p-medyan metodolojisi ile bir model önermişler ve çözüm için çarpışan cisim optimizasyonu (colliding bodies optimization- CBO) ve geliştirilmiş çarpışan cisimler (enhanced colliding bodies- ECBO) metasezgisellerini kullanmışlardır.

Tablo 1.2, kan tedarik zincirinin dağıtım aşamasına ait literatürü özetlemektedir. Tablodaki birinci ve ikinci sütun, makalenin yazarlarını ve yayınlanma yılını gösterir. Üçüncü sütun, makalede hangi araştırma tekniğinin kullanıldığını açıklamaktadır. Dördüncü sütun, araştırma tekniğinin geçerliliğini göstermek için hangi verilerin kullanıldığını gösteren uygulamadır. Son karar düzeyi sütunu, bu makale için hangi kan tedarik zinciri üyelerinin dikkate alındığını göstermektedir.

Tablo 1.2 Kan tedarik zincirinin kan dağıtım aşamasına ilişkin literatürün özeti

YAZAR	YIL	YÖNTEM	UYGULUMA	KARAR DÜZEYİ
Brodheim ve Prastacos	1979	Karar destek sistemleri	Long Island, New York	Hastane kan merkezi
Or ve Pierskalla	1979	Tamsayılı programlama	Chicago	Kan merkezi ve hastane
Prastacos ve Brodheim	1980	Karar destek sistemleri	38 hastane- Long Island, New York	Bölgesel kan merkezi ve hastane kan merkezi
Federgruen vd.	1986	Tamsayılı programlama	Sayısal örnek	Bölgesel kan merkezi
Sapountzis	1989	Stokastik programlama	Glasgow ve Batı İskoçya Bölgesel Kan Transfüzyon Servisi	Bölgesel kan merkezi ve hastane
Doerner vd.	2008	Tamsayılı programlama	Avusturya Kızıl Haçı	Kan merkezi ve hastane
Hemmelmayr vd.	2009	Sezgisel yöntemlerle diğer yöntemleri birlikte kullanan	Doğu Avusturya- Avusturya Kızılhaçı	Kan merkezi ve hastane
Cetin ve Sarul	2009	Doğrusal olmayan programlama	Sayısal örnek	Kan merkezi ve hastane
Hemmelmayr vd.	2010	Tamsayılı programlama	Sayısal örnek	Kan merkezi ve hastane
Sha ve Huang	2012	Doğrusal olmayan programlama	Pekin	Kan merkezi ve hastane
Li ve Liao	2012	Sezgisel yöntemlerle diğer yöntemleri birlikte kullanan	Tayvan Kan Hizmetleri- Taichung Kan Merkezi	Kan merkezi ve talep noktası
Salehipour ve Sepehri	2012	Sezgisel yöntemlerle diğer yöntemleri birlikte kullanan	Rastgele veri seti ve Tahrân-İran	Kan merkezi ve hastane

Tablo 1.2 Kan tedarik zincirinin kan dağıtım aşamasına ilişkin literatürün özeti (devamı)

Blake vd.	2015	Simülasyon	Kanada Kan Hizmetleri	Merkezi kan merkezi ve bölgesel kan merkezi
Kaveh ve Ghobadi	2017	Sezgisel yöntemlerle diğer yöntemleri birlikte kullanan	Tahran- İran	Kan merkezi ve hastane

1.1.3 Envanter

Envanter aşaması, kan ve kan ürünleri envanterinin, donörlerden hastalara kan tedarik zincirinin her aşamasında, önemi ve dayanıksız doğası göz önünde bulundurularak, saklanması ve işlenmesinin yönetilmesini içerir.

Rabinowitz (1973), Jennings (1973), Dumas ve Rabinowitz (1977), Friedman, Abbott ve Williams (1982), Cohen, Pierskalla ve Sasseti (1983), Sirelson ve Brodheim (1991), Katsaliaki ve Brailsford (2007), Kamp, Heiden, Henseler ve Seitz (2010), Lowalekar ve Ravichandran (2011), An vd. (2011), Blake, Hardy, Delage ve Myhal (2013), Simonetti, Forshee, Anderson ve Walderhaug (2014), Baesler, Nemeth, Martínez ve Bastías (2014) ve Blake ve Hardy (2014) simülasyon kullanarak çalışmalar yapmışlardır. Rabinowitz (1973) kan israfını önlemek için üç alternatif envanter politikasını analiz etmek için simülasyonu kullanır. Jennings (1973), çeşitli alternatif envanter politikalarının etkilerini simülasyon ile analiz etmektedir. Dumas ve Rabinowitz (1977), son kullanma tarihi geçme ve yetersizlikten kaynaklanan kan israfını azaltmak için bir envanter politikası geliştirmiştir. Friedman vd. (1982) israfı ve gereksiz laboratuvar hizmetlerini en aza indirmek amacıyla hastane kan bankasındaki kan envanterini yönetmek için bir model uygulamıştır. Cohen vd. (1983), yönetim kontrollerinin ve çevresel faktörlerin envanter yetersizliği ve son kullanma tarihinin geçmesi üzerindeki spesifik etkisini analiz etmektedir. Sirelson ve Brodheim (1991), trombosit envanter yönetimi için ürün yetersizlik oranı ve ürün son kullanma tarihi geçme oranı ölçütleriyle için bir grup envanter politikalarını analiz etmek için simülasyon

kullanır. Katsaliaki ve Brailsford (2007), kan tedarik zincirinde karar vermede etkili olan faktörleri belirlemek amacıyla bir ayrık olay simülasyon modeli geliştirmiştir. Kamp vd. (2010), bir pandeminin eritrosit bulunabilirliği üzerindeki kritik etkisini simülasyon ile ortaya koymuştur. Lowalekar ve Ravichandran (2011), bir kan bankasında üretilecek bileşenlerin optimum seviyesini belirlemiştir. An vd. (2011) bağışlanan, gerekli ve mevcut kan birimlerindeki haftalık varyasyonu incelemek için temel bir simülasyon modeli ile geliştirmişlerdir. Blake vd. (2013), kırmızı kan hücreleri için daha kısa raf ömrünün bölgesel bir kan ağı üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. Simonetti vd. (2014) transfüzyon için farklı kan yönetimi uygulamalarının tedarik üzerindeki potansiyel etkisini göstermek için bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Baesler vd. (2014) 20 senaryo ile bölgesel bir kan merkezinde envanter politikalarını analiz etmektedir. Blake ve Hardy (2014), kan dağıtım ağı için envanter politikalarını için simülasyon tabanlı bir metodoloji gelişmiş ve politikaları değerlendirmek için cevap yüzeyi tekniğini kullanmışlardır.

Frankfurter, Kendall ve Pegels (1974), Cohen ve Pierskalla (1979), Cohen, Pierskalla, Sasseti ve Consolo (1979), Critchfield vd. (1985), Yu, Chung, Lin, Chan ve Lee (2007), Heddle vd. (2009), Perera, Hyam, Taylor ve Chapman (2009), Fontaine, Chung, Erhun ve Goodnough (2010), Seifried vd. (2011) ve Fortsch ve Khapalova (2016) kan tedarik zincirinde envanter yönetim kararları için istatistiksel analiz tekniklerini kullanmışlardır. Frankfurter vd. (1974) bir tahmin modeli tasarlayıp, geliştirmiş ve kısa vadeli envanter tahmin sistemi için uygulamışlardır. Cohen ve Pierskalla (1979), kan bankası için optimal envanter seviyelerini belirleyici bir karar kuralı geliştirmişlerdir. Cohen vd. (1979), matematiksel cevap yüzeyi fonksiyonu ile bölgeselleşme kapsamında her hiyerarşik düzeyde kan bankalarının yönetim politikalarını analiz etmektedir. Critchfield vd. (1985) trombosit envanterinin etkin yönetimi için zaman serisi analizi ile trombosit kullanım modelini tanımlarlar. Yu vd. (2007), bir karar ağacı modeli ile etkili pazarlama stratejileri geliştirmeye yardımcı olmak için, ilk kez bağış yapanların bağış modelini tanımlarlar ve bağışçıların modelini etkileyen faktörleri belirlerler. Heddle vd. (2009), eritrosit son kullanma tarihi geçmesini

etkileyen faktörleri belirlemek ve eritrosit son kullanma tarihi geçme oranının en uygun hedef seviyelerini sistematik olarak belirlemek için lojistik regresyon analizini kullanırlar. Perera vd. (2009) Student t-testi ile kullanılabilir stok endeksinin (gün değerinde stok) ve israf arasındaki ilişkiyi analiz ederler. Fontaine vd. (2010), birkaç farklı eritrosit raf ömrü değerinin etkisini ve bunların eritrosit kullanılabilirliği ve son kullanma tarihi geçme oranı üzerindeki etkisini analiz etmektedir. Seifried vd. (2011) demografik değişikliklerin kan tüketimi üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Fortsch ve Khapalova (2016), kan talebinin tahmini için Box-Jenkins metodolojisi - otoregresif hareketli ortalama (ARMA), hareketli ortalama (MA), üstel düzeltme (ES) ve vektör otoregresif hareketli ortalamayı (VARMA) karşılaştırır.

Pereira (2005), Blake, Heddle, Hardy ve Barty (2010), Gunpinar ve Centeno (2015), Sibuea, Saleh ve Gamal (2017) ve Dillon, Oliveira ve Abbasi (2017) kan tedarik zincirlerinde envanter yönetimi için stokastik programlama modelleri önermektedir. Pereira (2005), kan rezervleri için hastane politikası türe ve taramaya dayandığında kan envanteri performansını belirlemek için stokastik modellemeyi kullanır. Blake vd. (2010), verilen siparişlerin toplam sayısını en aza indirirken, son kullanma tarihi geçme oranı ve yetersiz kalma oranı için belirlenmiş sınırları dikkate alan bir trombosit sipariş politikası bulmaya çalışan bir model geliştirirler. Günpınar ve Centeno (2015), toplam maliyeti, envanter yetersizliğini ve son kullanma tarihi geçtiği için israf miktarını en aza indirmek amacıyla kan tedarik zincirindeki envanteri yönetmek için bir model önermektedir. Sibuea vd. (2017), bir kan bankası ve hastanede kan israfını ve kan ürünü yetersizliğini azaltmak için stokastik tamsayı programlama modeli geliştirmiştir. Dillon vd. (2017), envanterlerin gözden geçirilmesi ile hedef envanter seviyesi arasındaki en uygun süreye karar vermek için periyodik incelemeye dayalı olarak kan envanterinin yönetimi için bir model önermektedir.

Pegels, Seagle, Cumming, Kendall ve Shubsda (1977), Denesiuk, Richardson, Nahirniak ve Clarke (2006), Erickson vd. (2008) ve Clay, Abbasi, Eberhard ve Hearne (2018), kan tedarik zincirlerinin envanter yönetimi aşaması için sistem tasarım tekniğini kullanırlar. Pegels vd. (1977), bilgisayar tabanlı bir sistemle kan

hizmetlerinin performansını iyileştirmek için dört alternatif politikayı incelemektedir. Denesiuk vd. (2006), neredeyse son kullanma tarihi gelmiş eritrositlerin, ihtiyaç/ kullanım oranı yüksek olan bir hastaneye transeferi için bir yeniden dağıtım sistemi tasarlarlar. Erickson vd. (2008) taktiksel, sınırlı donmuş kan tedarikinin sürdürülmesini içeren kapsamlı bir acil durum kan yönetimi planı geliştirmiştir. Clay vd. (2018), sistemin yapısındaki volatilitenin nedenini ortaya koymakta ve sistem dinamiklerini kullanarak değişkenliği iyileştirmek için bir sistem önermektedir.

Novis, Renner, Friedberg, Walsh ve Saladino (2002), Godin, Conner, Sheeran, Bélanger-Gravel ve Germain (2007) ve Yates, Stanger, Wilding ve Cotton (2017) anket metodolojisini kullanmışlardır. Novis vd. (2002), transfüzyonla çapraz eşleştirilmiş kan ünitesi, eritrosit ünitesi israfı ve eritrosit ünitesi son kullanma tarihi geçmesinin normatif oranlarını belirler. Godin vd. (2007), deneyimli ve yeni donörler arasında tekrarlanan kan bağışını öngören faktörleri tanımlamaktadır. Yates vd. (2017), kan israfını en aza indirmek için bir stok paylaşım sistemi önermekte ve bir anketle test etmektedir.

Prastacos (1984), Chapman (2007), Galloway, Jane, Sudlow, Trattles ve Watson (2008), Stanger, Yates, Wilding ve Cotton (2012) ve Lowalekar ve Ravichandran (2014) envanter yönetimini yönetsel gözden geçirme/inceleme tekniği ile ele almaktadır. Prastacos (1984) operasyon araştırması yaklaşımlarının kan envanteri yönetimine katkısını incelemektedir. Chapman (2007), hastaneler ve kan hizmetleri arasında bir ortaklık olan Kan Stokları Yönetim Şemasını incelemektedir. Galloway vd. (2008) hem yerel planı hem de laboratuvarların akut eritrosit eksikliğine nasıl hazırlanmaları gerektiğine ilişkin ulusal kılavuzlarda yapılan varsayımları değerlendirmektedir. Stanger vd. (2012), hastane transfüzyon laboratuvarlarında eritrosit envanter yönetimini araştırır ve raf ömrünün dolmasından kaynaklanan kayıpları en aza indirecek önerilerde bulunur. Lowalekar ve Ravichandran (2014) Hindistan'daki kan bankası envanter yönetimini incelemektedir.

Pegels ve Jelmert (1970), Brodheim, Derman ve Prastacos (1975), Chazan ve Gal (1977) ve Bar-Lev, Boxma, Kleiner, Perry ve Stadje (2017) kan tedarik zincirinin

bu aşaması için Markov karar sürecini uygulamaktadır. Pegels ve Jelmert (1970), Markov zinciri ile LIFO veya FIFO gibi farklı politikaları için ortalama envanter seviyelerini belirler. Brodheim vd. (1975), dağıtım maliyetlerini ve kanın israf olma riskini en aza indirmek için sevkiyatları planlamak için Markov zincirini kullanmaktadır. Chazan ve Gal (1977), dağıtılmış bozulabilir envanterin son kullanma tarihi geçme oranını ve yaşını analiz etmektedir. Bar-Lev vd. (2017), Geri Dönüştürülmüş Eksik Tanımlama Prosedürü (Recycled Incomplete Identification Procedure- RIIP) diye bir prosedür geliştirmiş ve RIIP performansının analizini ve optimizasyonunu sağlarlar.

Pierskalla ve Roach (1972), Deuermeyer (1979) ve Hosseiniyard ve Abbasi (2018), kan tedarik zincirindeki envanteri yönetmek için matematiksel kanıtları ve türevleri kullanırlar. Pierskalla ve Roach (1972), biriktirme durumunda FIFO'nun uygun bir politika olduğunu göstermek ve bunu matematiksel olarak kanıtlamak için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Deuermeyer (1979), bağımsız rastgele taleplere ve farklı ömürlere sahip iki farklı çabuk bozulan ürün olan eritrositler ve trombositler için optimal envanter politikası geliştirmiştir. Hosseiniyard ve Abbasi (2018), merkezi talebi koruyarak ve komşu hastanelerin talebini karşılayarak komşu hastaneleri kapsayacak stokastik bir envanter modeli geliştirmiştir.

Cohen (1976), Nahmias ve Pierskalla (1976) ve Abdulwahab ve Wahab (2014) çalışmalarında dinamik programlama tekniğini kullanmıştır. Cohen (1976), çabuk bozulan ürünler için tek bir kritik sayıda siparişe karar vermek için dinamik bir programlama modeli geliştirmiştir. Nahmias ve Pierskalla (1976) çabuk bozulan ürünler için en uygun sipariş politikalarını belirler. Abdulwahab ve Wahab (2014), kan bankasında envanterin oluşturulması için yaklaşık bir dinamik programlama modeli önermektedir.

Jagannathan ve Sen (1991), Georgsen ve Kristensen (1998) ve Chapman ve Cook (2002) kan tedarik zincirinde envanter yönetimi için karar destek sistemleri geliştirdiler. Jagannathan ve Sen (1991), çapraz eşleştirilmiş kanı yönetmek için bir model geliştirmiştir. Georgsen ve Kristensen (1998), kanın çapraz eşleştirilmesi için bir bilgisayar sistemi kullanırlar. Chapman ve Cook (2002),

İngiltere ve Kuzey Galler'deki Ulusal Kan Servisi arasında bir ortak girişim olarak web tabanlı bir veri yönetim sistemi oluşturdular.

Kuyruk modeli, Kaspi ve Perry (1983) ve Kopach, Balcıoğlu ve Carter (2008) 'in kan envanteri çalışmalarında kullanılmıştır. Kaspi ve Perry (1983), sisteme sabırsız müşteriler ekleyerek stokastik talebi ve sınırlı ömürlü dayanıksız ürünlerin envanter yönetimini modellemek için kuyruklu modelini kullanır. Kopach vd. (2008), çoklu talep seviyeleri (acil ve normal), hizmet seviyeleri, maliyetler ve ayrıca envanter yetersizlikleri ve son kullanma tarihi dolmaları en aza indirmeye yönelik hedefler.

Miyopik algoritma, Prastacos 1978 ve 1981'de iki farklı çalışmada kullanmıştır. 1978'deki çalışmada, bozulabilir ürünü bölgesel merkezden n lokasyona atamak için miyopik algoritma kullanılmıştır; ve 1981'deki çalışmada, algoritma çabuk bozulan envanter yönetimi için kullanılmıştır.

Nahmias (1982) ve Coustasse, Meadows, Hall, Hibner ve Deslich (2015) kan tedarik zincirindeki envanter literatürünü incelemektedir. Nahmias (1982) çabuk bozulan ürün envanteri yönetimi üzerine bir inceleme yapar ve Coustasse vd. (2015) kan tedarik zincirlerindeki envanteri yönetmek için radyo frekans sistemlerini kullanmanın faydalarını ve engellerini tanımlar.

Abbasi ve Hosseinifard (2014), FIFO ve LIFO politikalarının kullanılmasının bir kan bankasının performans ölçütleri üzerindeki etkilerini çok amaçlı matematiksel programlamayla araştırmaktadır.

Kendall ve Lee (1980) kullanılmayan kanın hastanelere sistematik olarak yeniden dağıtılması için bir hedef programlama modeli geliştirmiştir.

Stanger, Wilding, Yates ve Cotton (2012), hastanelerde kan envanteri yönetimi örneğini kullanarak tedarik zincirindeki çabuk bozulan maddelerin iyi yönetimini neyin yönlendirdiğini belirlemek için bir örnek olay çalışması gerçekleştirmiştir.

Duan ve Liao (2013) ve Civelek, Karaesmen ve Scheller-Wolf (2015) çalışmalarında sezgisel yöntem kullanmaktadır. Duan ve Liao (2013), çabuk bozulan ürünlerin envanter modellemesini göz önünde bulundurarak tedarik zinciri envanter sistemi için bir simülasyon optimizasyonu formülasyonu

önermektedir. Civelek vd. (2015) kendi sezgisel temelli Markov karar süreçleriyle literatürdeki diğer envanter modellerinden farklı ikame maliyetlerini içeren bir envanter yenileme ve atama modeli önermektedir.

Goh, Greenberg ve Matsuo (1993), Haijema, van der Wal ve van Dijk (2007), Haijema, van Dijk, van der Wal ve Sibinga (2009), Van Dijk, Haijema, Van Der Wal ve Sibinga (2009), Wang ve Ma (2015) ve Ensafian ve Yaghoubi (2017) çalışmalarında birden fazla teknik kullanmaktadır. Goh vd. (1993) kuyruk teorisi ve simülasyonunu birlikte kullanır ve taze ve eski kan envanterini dikkate alarak tek ürün iki aşamalı envanter problemi için bir envanter modeli geliştirir. Haijema vd. (2007), trombositlerin üretim ve envanter yönetimini modellemek için Markov dinamik programlama ve simülasyonunu birleştirerek kullanmaktadır. Haijema vd. (2009), optimale yakın basit sıralama kuralları sağlamak için stokastik bir dinamik programlama modeli geliştirmiş ve çalışmaları için simülasyonu kullanmıştır. Van Dijk vd. (2009), stokastik dinamik programlama ve simülasyon teknikleriyle kan trombositlerinin etkili yönetimi için birleşik bir model geliştirmiştir. Wang ve Ma (2015), kan kıtlığı sırasında kan bankaları için envanter yapısı özelliklerinin yaşa dayalı bir kan aktarım modelini geliştirmek için matematiksel türetmeleri ve simülasyonu birleşmiştir. Ensafian ve Yaghoubi (2017), hastaların ihtiyaçlarına göre trombosit talebi için farklı yaşlarda trombosit tedarik zinciri envanterini yönetmek için karma tam sayı programlama, iki amaçlı karma tam sayı programlama, iki amaçlı stokastik karma tam sayı programlama, robust iki amaçlı stokastik karma tam sayı programlama ve revize edilmiş çoktan seçmeli hedef programlamayı birleştirir.

Duan ve Liao (2014), sezgisel yöntemlerle birleştirilen araştırma tekniklerini kullanır. Kan grupları (A, B, AB ve O) ile ikame olasılıklarını ve eritrosit için kanın yaşını dikkate alarak bir simülasyon optimizasyon modeli geliştirirler ve hibrit bir meta-sezgisel, eşik kabul etme ve tabu arama, kullanırlar.

Tablo 1.3, kan tedarik zincirinde envanter yönetimini ele alan literatürü özetlemektedir. Tablodaki birinci ve ikinci sütun, çalışmaların yazarlarını ve yayın yılını gösterir. Üçüncü sütun, makalede hangi araştırma tekniğinin kullanıldığını açıklamaktadır. Dördüncü sütun, araştırma tekniğinin geçerliliğini göstermek için

hangi verilerin kullanıldığını gösterir. Son sütun, bu makale için hangi kan tedarik zinciri elemanlarının dikkate alındığını ifade eden karar düzeyini gösterir.

Tablo 1.3 Kan tedarik zincirinde envanter yönetimine ilişkin literatürün özeti

YAZAR	YIL	YÖNTEM	UYGULUMA	KARAR DÜZEYİ
Pegels ve Jelmert	1970	Markov karar süreci	Varsayımsal iki problem	Kan merkezi
Pierskalla ve Roach	1972	Matematiksel kanıt/ türetme	Sayısal örnek	Kan merkezi ve hastane
Rabinowitz	1973	Simülasyon	Irving Geist kan bankası - Mount Sinai Hastanesi, New York	Hastane kan merkezi
Jennings	1973	Simülasyon	Boston'da büyük bir hastane kan bankası- Peter Bent Brigham Hastanesi kan bankası	Bölgesel kan merkezi ve hastane
Frankfurter vd.	1974	İstatistiksel analiz	Bölgesel bir kan bankası	Kan merkezi
Brodheim vd.	1975	Markov karar süreci	-	-
Cohen	1976	Dinamik programlama	Sayısal örnek	Kan merkezi
Nahmias ve Pierskalla	1976	Dinamik programlama	-	Merkezi kan merkezi
Chazan ve Gal	1977	Markov karar süreci	-	Kan merkezi
Dumas ve Rabinowitz	1977	Simülasyon	Bir hastane kan bankası	Hastane kan merkezi
Pegels vd.	1977	Sistem tasarımı	Bir bölgeden deneysel veriler	Bölgesel kan merkezi
Prastacos	1978	Miyopik algoritma	New York Kan Merkezi	Bölgesel kan merkezi
Deuermeyer	1979	Matematiksel kanıt/ türetme	-	-
Cohen ve Pierskalla	1979	İstatistiksel analiz	Chicago	Kan merkezi, hastane ve tıbbi merkez

Tablo 1.3 Kan tedarik zincirinde envanter yönetimine ilişkin literatürün özeti
(devamı)

Cohen vd.	1979	İstatistiksel analiz	Chicago	Merkezi kan merkezi, bölgesel kan merkezi ve hastane kan merkezi
Kendall ve Lee	1980	Doğrusal programlama	Amerikan Kızılhaçı - Ortabatı bölgesi Omaha, Nebraska	Hastane kan merkezi
Prastacos	1981	Miyopik algoritma	Derman (1970)'in literatür verisi	Bölgesel kan merkezi
Nahmias	1982	Literatür araştırması	-	-
Friedman vd.	1982	Simülasyon	Üniversite hastanesi kan bankası- Michigan Üniversitesi	Hastane kan merkezi
Kaspi ve Perry	1983	Kuyruk modeli	-	Kan merkezi
Cohen vd.	1983	Simülasyon	Chicago	Kan merkezi
Prastacos	1984	Yönetimsel inceleme	-	Bölgesel kan merkezi ve hastane kan merkezi
Critchfield vd.	1985	İstatistiksel analiz	Minnesota Üniversitesi Hastanesi	Hastane kan merkezi
Jagannathan ve Sen	1991	Karar destek sistemleri	Iowa Üniversitesi Hastanesi	Hastane kan merkezi
Sirelson ve Brodheim	1991	Simülasyon	New York	Bölgesel kan merkezi ve hastane kan merkezi
Goh vd.	1993	Birden fazla yöntem kullanan	Merkez Kentucky Kan Merkezi	Kan merkezi
Georgsen ve Kristensen	1998	Karar destek sistemleri	Danimarka- Funen Bölgesi	Kan merkezi
Chapman ve Cook	2002	Karar destek sistemleri	İngiltere ve Kuzey Galler'deki Ulusal Kan Hizmetleri	Kan merkezi ve hastane
Novis vd.	2002	Anket	Amerika Birleşik Devletleri	Hastane kan merkezi

Tablo 1.3 Kan tedarik zincirinde envanter yönetimine ilişkin literatürün özeti
(devamı)

Pereira	2005	Stokastik programlama	Bir hastane kan bankası	Hastane kan merkezi
Denesiuk vd.	2006	Sistem tasarımı	Kuzey Alberta- Kanada	Hastane
Haijema vd.	2007	Birden fazla yöntem kullanan	Hollanda'da bir kan bankası	Kan merkezi ve hastane
Chapman	2007	Yönetimsel inceleme	Birleşik Krallık Ulusal Kan Hizmetleri - İngiltere, Galler ve Kuzey İrlanda	Kan hizmetleri ve hastane
Katsaliaki ve Brailsford	2007	Simülasyon	Birleşik Krallık Ulusal Kan Hizmetleri	Bölgesel kan merkezi ve hastane
Yu vd.	2007	İstatistiksel analiz	Hong Kong	Bağışçılar
Godin vd.	2007	Anket	Rassal 2231 bağışçı	Bağışçılar
Galloway vd.	2008	Yönetimsel inceleme	Birleşik Krallık Ulusal Kan Hizmetleri	Hastane
Kopach vd.	2008	Kuyruk modelleme	Kanada'da bir bölgesel kan merkezi	Kan merkezi
Erickson vd.	2008	Sistem tasarımı	Yale-New Haven Hastanesi Kan Bankası	Hastane kan merkezi
Haijema vd.	2009	Birden fazla yöntem kullanan	Hollanda bir bölgesel kan bankası	Kan merkezi
Van Dijk vd.	2009	Birden fazla yöntem kullanan	Hollanda, Kuzeydoğu Sanquin Bölgesi Kan Bankası, Groningen	Kan merkezi
Heddle vd.	2009	İstatistiksel analiz	Ontario- Kanada	Hastane
Perera vd.	2009	İstatistiksel analiz	Kan Stokları Yönetim Programı, Londra- İngiltere	Kan hizmetleri ve hastane
Blake vd.	2009	Stokastik programlama	Ontario- Hamilton ve çevresinden dokuz hastane	Hastane

Tablo 1.3 Kan tedarik zincirinde envanter yönetimine ilişkin literatürün özeti
(devamı)

Kamp vd.	2010	Simülasyon	Almanya	Kan merkezi
Fontaine vd.	2010	İstatistiksel analiz	Stanford Üniversitesi Tıp Merkezi	Kan merkezi
Lowalekar ve Ravichandran	2011	Simülasyon	Güney Hindistan	Kan merkezi
An et al	2011	Simülasyon	Amerikan Kızıl Haç Kan Hizmetleri Connecticut bölgesi	Bağışçılar
Seifried vd.	2011	İstatistiksel analiz	Almanya	Hastane
Stanger vd.	2012	Örnek olay çalışması	İngiltere	Hastane
Stanger vd.	2012	Yönetimsel inceleme	İngiltere kan tedarik zincirinden geçmiş veriler ve 7 örnek olay incelemesi	Hastane
Duan ve Liao	2013	Sezgisel yöntemler	Sayısal örnek	Kan merkezi ve hastane
Blake vd.	2013	Simülasyon	Quebec	Hastane
Duan ve Liao	2014	Sezgisel yöntemlerle diğer yöntemleri birlikte kullanan	Sayısal örnek	Kan merkezi ve hastane
Abdulwahab ve Wahab	2014	Dinamik programlama	Sayısal örnek	Kan merkezi ve hastane
Lowalekar ve Ravichandran	2014	Yönetimsel inceleme	Hindistan	Bölgesel kan merkezi ve hastane kan merkezi
Abbasi ve Hosseinifard	2014	Çok amaçlı matematiksel modelleme	Sayısal örnek	Kan merkezi ve hastane
Simonetti vd.	2014	Simülasyon	Amerika Birleşik Devletleri	Kan toplama noktası ve hastane

Tablo 1.3 Kan tedarik zincirinde envanter yönetimine ilişkin literatürün özeti
(devamı)

Baesler vd.	2014	Simülasyon	Şili Ulusal Kan Servisi - Concepción Kan Merkezi	Bölgesel kan merkezi
Blake ve Hardy	2014	Simülasyon	Kanada Kan Hizmetleri	Bölgesel kan merkezi ve hastane
Wang ve Ma	2015	Birden fazla yöntem kullanan	Literatür verisi	Kan merkezi
Civelek vd.	2015	Sezgisel yöntemler	Literatür verisi	Kan merkezi ve hastane
Coustasse vd.	2015	Literatür araştırması	2000 ile 2014 yılları arasında İngilizce olarak yayınlanan 56 çalışma	Kan merkezi
Gunpinar ve Centeno	2015	Stokastik programlama	Literatür verisi	Kan merkezi ve hastane
Fortsch ve Khapalova	2016	İstatistiksel analiz	2006-2012 yılları arasında New York Eyaletindeki 6 kan merkezinin günlük talep verileri	Toplum kan merkez ve hastane kan merkezi
Ensafian ve Yaghoubi	2017	Birden fazla yöntem kullanan	Literatürden gerçek veriler	Kan toplama noktası, kan merkezi ve hastane
Bar-Lev vd.	2017	Markov karar süreci	Sayısal örnek	Kan merkezi
Sibuea vd.	2017	Stokastik programlama	Endonezya Kızıl Haçı - Pekanbaru Şehri	Kan merkezi ve hastane
Dillon vd.	2017	Stokastik programlama	Orta büyüklükte bir hastane ait gerçek veriler	Hastane
Yates vd.	2017	Anket	İngiltere kan tedarik zinciri	Hastane
Clay vd.	2018	System design	-	Kan toplama noktası, kan merkezi ve hastane
Hosseinifard ve Abbasi	2018	Matematiksel kanıt/ türetme	Sayısal örnek	Kan merkezi ve hastane

1.1.4 Birden fazla aşama

Birden fazla aşama başlığı, kan tedarik zincirinde birden fazla aşamayı ya da kan tedarik zincirinin tamamını ele almaktadır. Bu kapsamdaki çalışmalar, aşamalar arasındaki ilişkiye ve etkilerine dayanır ve bu ilişkiyi dikkate alarak modeller geliştirir.

Spens ve Bask (2002), kan tedarik zinciri için sistem tasarım tekniğini kullanır; bir tedarik zinciri çalışması geliştirir ve yararlılığını test eder.

Carden ve DelliFraine (2006), kan merkezinin merkezileştirilmesi veya merkezileştirilmemesi ile hastane memnuniyetinin çeşitli yönleri arasındaki ilişkiyi bir anketle incelemektedir.

Fahimnia, Jabbarzadeh, Ghavamifar ve Bell (2017) ve Salehi, Mahootchi ve Hussein (2019) stokastik programlama modelleri önermektedir. Fahimnia vd. (2017), afetlerde kan temini için maliyeti ve teslimat süresini en aza indirmek için iki amaçlı bir stokastik tedarik zinciri modeli tasarlamıştır. Salehi vd. (2019), olası bir doğal afet göz önünde bulundurularak, kan tedarik ağı tasarımı için robust, iki aşamalı, çok dönemli bir stokastik model önermektedir.

De Kort vd. (2010) ve Silva Filho, Carvalho, Cezarino, Silva ve Salviano (2013) kan tedarik zinciri için istatistiksel analiz tekniklerini kullanmaktadır. De Kort vd. (2010), ekonomik olmayan, kültürel farklılık faktörlerinin kan bağıışı ve kan tedariki farklılıklarına etkisini istatistiksel tekniklerle analiz etmektedir. Silva Filho vd. (2013), kan bileşenlerinin teslimata kadar olan miktarlarını tahmin etmek için BJ-SARIMA'yı (tek değişkenli, çok yönlü bir mevsimsel Box-Jenkins ARIMA) kullanır.

Rytilä ve Spens (2006), Katsaliaki (2008) ve Mustafee, Taylor, Katsaliaki ve Brailsford (2009), Blake ve Hardy (2013) araştırma tekniği olarak simülasyon kullanmaktadır. Rytilä ve Spens (2006), kıt kan kaynağını daha verimli kullanmak için kan tedarik zinciri yönetimini iyileştirmek için simülasyon optimizasyon metodolojisini kullanır. Katsaliaki (2008), kan tedarik zincirinin uygun maliyetli yönetimi için simülasyon ile alternatif politikaları analiz etmektedir. Mustafee vd. (2009), kan tedarik zincirini simüle etmek için geleneksel ve dağıtılmış

yaklaşımları kullanır. Blake ve Hardy (2013), iki üretim/dağıtım tesisinin bir kan dağıtım ağında tek bir üretimde birleştirilmesinin müşteri hizmetleri üzerindeki etkisini değerlendirmektedir.

Jabbarzadeh, Fahimnia ve Seuring (2014), Fereiduni ve Shahanaghi (2016) ve Diabat, Jabbarzadeh ve Khosrojerdi (2019) robust optimizasyon modelleri geliştirmiştir. Jabbarzadeh vd. (2014) afetler sırasında ve sonrasında konum ve tahsis kararları için robust bir ağ modeli önermektedir. Fereiduni ve Shahanaghi (2016), doğal afetler gibi acil durumlarda çok dönemli kan tedarik zinciri için robust bir model önermektedir. Diabat vd. (2019), stratejik ve taktiksel kararları entegre eden ve bir felaketin meydana gelmesinden sonra müşterilere ürün teslim etme zamanını ve maliyetini en aza indirmeyi hedefleyen, aynı zamanda tesisler arasındaki çoklu rotaları da göz önünde bulunduran, iki taraflı robust bir optimizasyon modeli önermektedir.

Nagurney vd. (2012) ve Masoumi, Yu ve Nagurney (2017), tüm kan tedarik zinciri için ağ optimizasyonu tekniklerini uygulamaktadır. Nagurney vd. (2012), karmaşık kan tedarik zinciri için genelleştirilmiş bir ağ optimizasyon modeli geliştirmiştir. Masoumi vd. (2017), kan bankaları arasında birleşme öncesi ve birleşme sonrası ağ optimizasyonu uygular.

Samani, Torabi ve Hosseini-Motlagh (2018), Fazli-Khalaf, Khalilpourazari ve Mohammadi (2019), Khalilpourazari ve Khamseh (2019), Armaghan ve Pazani (2019) ve Samani, Hosseini-Motlagh ve Ghannadpour (2019) çalışmalarında çok amaçlı matematiksel modelleme kullanmaktadır. Samani vd. (2018), veri belirsizliği ve ürünlerin bozulabilirliğini dikkate alarak yardım durumu için kan tedarik zinciri tasarlamıştır. Fazli-Khalaf, Khalilpourazari ve Mohammadi (2019), acil durumlarda kan tedarik zinciri için üç amaçlı bir matematiksel model geliştirmiştir. Khalilpourazari ve Khamseh (2019), depremlerde kan tedarik zinciri ağını tasarlamak için çok amaçlı karışık tamsayı doğrusal programlama modeli önermektedir. Armaghan ve Pazani (2019), deprem durumunda tesislerin optimal sayısını ve yerlerini, kan tahsisini ve tesisler arasında optimal kan yollarını belirlemek için çok seviyeli çok amaçlı bir model tasarlamıştır. Genel ağ maliyetini en aza indirecek, kan tazeliğini olabildiğince koruyacak ve hem maliyet odaklı

hem de kalite odaklı yaklaşımlar göz önünde bulundurularak kan alma tesisleri için en nitelikli lokasyonları arayan bir model Samani vd. (2019) tarafından geliştirilmiştir.

Price ve Turcotte (1986), çok kriterli karar verme kullanarak bir kan donör kliniğinin ve transfüzyon merkezinin yeniden yer seçimini gerçekleştirir.

Rautonen (2007), Davis, Geiger, Gutierrez, Heaser ve Veeramani (2009), Fontaine vd. (2009), Williamson ve Devine (2013), Folléa (2013), Morgan vd. (2015), Bentahar, Benzidia ve Fabbri (2016) ve Bagot, Masser, Starfelt ve White (2016) kan tedarik zincirini yönetsel açıdan incelemektedir. Rautonen (2007), kan tedarik zincirinin, hastaneleri dikkate alarak geliştirilmesini önermektedir. Davis vd. (2009), kan merkezi operasyonlarında RFID uygulamasının kapsamlı bir fizibilite ve etki değerlendirmesi için RFID Kan Konsorsiyumu tarafından geliştirilen sistematik bir yaklaşımı açıklamaktadır. Fontaine vd. (2009), kan merkezi ve transfüzyon merkezi arasındaki işbirliği ile oluşturulan envanter yönetimine yönelik yeni yaklaşımı analiz etmektedir. Williamson ve Devine (2013), kan tedarik zinciri için genel bir yönetsel inceleme yapmaktadır. Folléa (2013), hastaların birincil yararı için kan tedarik yönetimini değerlendirmek ve iyileştirmek için dahil olan faktörleri gözden geçirir. Morgan vd. (2015) felaketle sonuçlanan kriz olaylarını, acil eylemleri, kurtarma prosedürlerini ve kök neden analizi ile öğrenilen dersleri tanımlamaktadır. Bentahar vd. (2016), bilgi sistemini kullanarak kan tedarik zinciri için bir izlenebilirlik projesi oluşturmak için nitel çalışma yapmıştır. Bagot vd. (2016) 60 bağışçı ile telefon görüşmesi yaparak bağışçıların bir sonraki gönüllü bağışı yapma esnekliğini araştırmıştır.

Beliën ve Forcé (2012) ve Osorio vd. (2015) kan tedarik zinciri ile ilgili literatürü gözden geçiren çalışmalar yapmışlardır. Beliën ve Forcé (2012), kan ürünlerinin envanter ve tedarik zinciri yönetimi ile ilgili literatürü şu sınıflandırmayı yaparak inceler: kan ürünü tipi, çözüm yöntemi, hiyerarşik seviye, problem tipi, yaklaşım tipi, kesin veya sezgisel, performans ölçütleri ve pratik uygulama / vaka çalışmaları. Osorio vd. (2015), kan tedarik zinciri üzerine literatür taraması için kantitatif modelleme tekniklerini dikkate alarak incelemektedir.

Arnaboldi ve Lapsley (2005), Grant (2010), Stanger, Wilding, Hartmann, Yates ve Cotton (2013) ve Stanger (2013), kan tedarik zinciri için örnek olay çalışması yapmıştır. Arnaboldi ve Lapsley (2005), maliyetlerin etkin yönetimi için faaliyet tabanlı maliyet sistemini kan tedarik zincirine uyarlar. Grant (2010) keşif niteliğinde bir vaka çalışması yapar ve pazarlama ve tedarik zinciri faaliyetlerini entegre etmenin zorluklarını araştırır. Stanger vd. (2013), kan tedarik zincirinin yan aktarmalardan nasıl yararlanabileceğini ve bunların uygulanması için hangi gerekliliklerin gerekli olduğunu belirler. Stanger (2013), satıcı tarafından yönetilen envanter uygulamasının değerlendirilmesi için genel bir çerçeve geliştirir.

Jacobs, Silan ve Clemson (1996) ve Zahiri, Mousazadeh ve Bozorgi-Amiri (2017) kan tedarik zinciri için tamsayılı programlama tekniği uygulamaktadır. Jacobs vd. (1996), önerdikleri modelle kanın etkili bir şekilde toplanması ve dağıtılmasıyla ilgili tesisleri yeniden yerleştirir. Zahiri vd. (2017), tesis yeri seçimi ve tedarik zincirinin her bir aşaması arasındaki akışları optimize etmek için karma tam sayı doğrusal olmayan bir programlama modeli geliştirmiştir.

Pitocco ve Sexton (2005) ve Pereira (2006) veri zarflama analizi tekniğini kullanırlar. Pitocco ve Sexton (2005), hangi operasyonel verimliliğin iyileştirilebileceğini belirlemek için kan merkezlerinin operasyonel verimliliğini analiz etmektedir. Pereira (2006), veri zarflama analizi ile bir kan merkezi örneğinde ölçek ekonomisi hipotezinin test etmektedir.

Delen, Erraguntla, Mayer ve Wu (2011) kan tedarik zinciri yönetiminde karar vermeyi desteklemek için operasyon araştırması, veri madenciliği ve coğrafi bilgi sistemleri tabanlı analitiklerin yeni bir uygulamasını önermektedir.

Ghandforoush ve Sen (2010), bölgesel bir kan merkezi için trombosit üretimi ve kan aracının çizelgelenmesi için çözücü olarak doğrusal olmayan bir tamsayı programlama kullanan bir prototip karar destek sistemi geliştirmiştir.

Cerveny (1980), mobil kan araçlarının yer seçimi için Kuehn ve Kuenne'nin sezgisel yöntemlerini kullanır.

Pierskalla (2005), Randa vd. (2011), Katsaliaki, Mustafee ve Kumar (2014), Zahiri ve Pishvae (2014), Osorio, Brailsford, Smith, Forero-Matiz ve Camacho-Rodríguez (2017), Habibi-Kouchaksaraei, Paydar ve Asadi-Gangraj (2018) ve Haeri, Hosseini-Motlagh, Ghatreh Samani ve Rezaei (2019) çalışmalarında birden fazla yöntem kullanmaktadır. Pierskalla (2005) kan ve kan ürünleri için toplama, birden fazla ürün üretme, envanter seviyelerini belirleme ve kontrol etme, hastanelere atama, birden çok noktaya teslimat, ve işleme, çapraz eşleştirme ve çapraz eşleştirme bırakma hakkında en uygun kararları vermek için yönetimsel inceleme ve envanter modelleme tekniklerini kullanarak kan tedarik zincirini gözden geçirir. Randa vd. (2011), envanter ve dağıtım politikalarına dayalı doğrusal olmayan tamsayı programlamaya dayalı yeni tedarik zinciri sistemi önermiş ve yeni politikalar simülasyonla test edilmiştir. Katsaliaki vd. (2014) oyun teorisi ve simülasyonu kullanır ver kan tedarik zincirini gerçek bir vaka üzerinde simüle eden “Kan Tedarik Zinciri Oyunu”nu önerir. Zahiri ve Pishvae (2014), iki amaçlı karışık tamsayı programlamaya ve robust olasılıklı modellemeye dayalı olarak toplam maliyeti en aza indirmeye ve talep memnuniyetini en üst düzeye çıkarmaya ilişkin kan tedarik zincirinde yer belirleme ve atama sorunu için çok dönemli bir model geliştirmiştir. Osorio vd. (2017), stratejik ve operasyonel kararlar için entegre bir simülasyon-optimizasyon modeli geliştirir. Tedarik zinciri boyunca akışları temsil etmek için ayırık olay simülasyonu kullanılır ve günlük kararları desteklemek için tamsayı doğrusal bir optimizasyon kullanılır. Habibi-Kouchaksaraei vd. (2018) tesislerin sayısını, yerini belirlemek ve üç farklı senaryo durumunda atama yapmak için en iyi stratejiyi geliştiren robust optimizasyon modeli geliştirerek, bir felaket durumunda maliyet ve kan eksikliğini en azlamayı amaçlayarak hedef programlama ile çözmüştür. Haeri vd. (2019), üç farklı teknik kullanarak hedef fonksiyonları verimsizliği, toplam ağ maliyetini ve dirençsizliği azaltan kan tedarik zinciri ağı için karma esnek-verimli bir yaklaşım geliştirmişlerdir; verimliliği değerlendirmek için veri zarflama analizini, problemi çözmek için robust stokastik optimizasyonu ve veri elde etmek için örnek olay çalışmasını kullanırlar.

Alshamrani, Mathur ve Ballou (2007) dinamik programlama ve değiştirilmiş Or-opt prosedürü sezgisel yöntemini kullanarak, geri dönen malzemelerin ne kadarının teslimat rotası boyunca tersine lojistik olarak her durakta alınması gerektiğini belirleyerek sezgisel yöntemlerle birleştirilen araştırma tekniklerini kullanırlar.

Tablo 1.4, hem toplama, dağıtım hem de envanter yönetimi olarak birden fazla aşamayı veya kan tedarik zincirinin tamamını ele alan literatürü özetlemektedir. Tablodaki birinci ve ikinci sütun, makalenin yazarlarını ve yayınlanma yılını gösterir. Üçüncü sütun, makalede hangi araştırma tekniğinin kullanıldığını açıklamaktadır. Dördüncü sütun, araştırma tekniğinin geçerliliğini göstermek için hangi verilerin kullanıldığını gösteren uygulamadır. Son sütun olarak karar düzeyi, bu makale için hangi kan tedarik zinciri üyelerinin dikkate alındığını ifade eder.

Tablo 1.4 Kan tedarik zincirinde birden fazla aşamayı ele alan çalışmalara ilişkin literatürün özeti

YAZAR	YIL	YÖNTEM	UYGULUMA	KARAR DÜZEYİ
Cervený	1980	Sezgisel yöntemler	İki Amerikan Kızıl Haç Bölgesel Kan Programı	Mobil toplama noktası
Price ve Turcotte	1986	Çok kriterli karar verme	Quebec	Bölgesel kan merkezi
Jacobs vd.	1996	Tamsayılı programlama	Amerikan Kızıl Haçı - Norfolk, Virginia	Kan merkezi
Spens ve Bask	2002	System design	Finlandiya Kızıl Haç Kan Transfüzyon Hizmetleri	Ulusal kan hizmetleri
Arnaboldi ve Lapsley	2005	Örnek olay çalışması	İngiltere	Bölgesel kan merkezi
Pierskalla	2005	Birden fazla yöntem kullanan	Chicago	Bölgesel kan merkezi, toplum kan merkezi ve hastane kan merkezi
Pitocco ve Sexton	2005	Veri zarflama analizi	Amerikan Kan Bankaları Birliği - 70 kan merkezi	Kan merkezi

Tablo 1.4 Kan tedarik zincirinde birden fazla aşamayı ele alan çalışmalara ilişkin literatürün özeti (devamı)

Carden ve DelliFraine	2006	Anket	Amerikan Kan Bankaları Birliği -1321 hastane	Hastane kan merkezi
Rytilä ve Spens	2006	Simülasyon	Finlandiya Kızıl Haçı	Bölgesel kan merkezi ve hastane kan merkezi
Pereira	2006	Veri zarflama analizi	71 kan merkezi- ABD	Kan merkezi
Rautonen	2007	Yönetimsel inceleme	Finlandiya Kızıl Haç Kan Hizmetleri	Kan merkezi ve hastane
Alshamrani vd.	2007	Sezgisel yöntemlerle diğer yöntemleri birlikte kullanan	Amerikan Kızılhaçı	Kan merkezi ve hastane
Katsaliaki	2008	Simülasyon	İngiltere Ulusal Kan Hizmetleri	Kan merkezi ve hastane
Davis vd.	2009	Yönetimsel inceleme	Farklı büyüklüklerde üç kan merkezi	Kan merkezi
Fontaine vd.	2009	Yönetimsel inceleme	Stanford Üniversitesi Tıp Merkezi Transfüzyon Hizmeti ve Stanford Kan Merkezi	Kan merkezi ve transfüzyon merkezi
Mustafee vd.	2009	Simülasyon	Birleşik Krallık Ulusal Kan Hizmetleri (NBS) - Southampton bölgesi	Kan merkezi ve hastane
Grant	2010	Örnek olay çalışması	İskoç Ulusal Kan Transfüzyon Hizmetleri	Ulusal kan hizmetleri, bağışçılar ve hastane
Ghandforoush ve Sen	2010	Karar destek sistemleri	Sayısal örnek	Kan toplama noktası, mobil toplama noktası, bölgesel kan merkezi ve hastane
De Kort vd.	2010	İstatistiksel analiz	25 Avrupa ülkesi	Bağışçılar ve hastane
Randa vd.	2011	Birden fazla yöntem kullanan	Türk Kızılayı	Bölgesel kan merkezi ve hastane

Tablo 1.4 Kan tedarik zincirinde birden fazla aşamayı ele alan çalışmalara ilişkin literatürün özeti (devamı)

Delen vd.	2011	Veri madenciliği	Güney Kore'de Osan Hava Üssü ve Türkiye'de İncirlik Hava Üssü	Kan toplama noktası, kan merkezi ve transfüzyon merkezi
Beliën ve Forcé	2012	Literatür araştırması	1966 ile 2010 yılları arasında 98 çalışma	-
Nagurney vd.	2012	Ağ optimizasyonu	Sayısal örnek	Kan toplama noktası, kan merkezi, kan dağıtım merkezi ve talep noktası
Stanger vd.	2013	Örnek olay çalışması	İngiltere hastaneleri	Hastane
Stanger	2013	Örnek olay çalışması	Almanya	Hastane
Williamson ve Devine	2013	Yönetimsel inceleme	-	-
Folléa	2013	Yönetimsel inceleme	Avrupa Konseyi ve Avustralya, Kanada, Yeni Zelanda ve ABD	Kan hizmetleri ve hastane
Blake ve Hardy	2013	Simülasyon	Kanada'nın denizcilik bölgeleri	Merkezi kan merkezi
Silva Filho vd.	2013	İstatistiksel analiz	Sayısal örnek	Kan toplama noktası, kan merkezi ve hastane kan merkezi
Katsaliaki vd.	2014	Birden fazla yöntem kullanan	İngiltere	Ulusal kan merkezi ve hastane
Zahiri vd.	2014	Tamsayılı programlama	Sayısal örnek	Kan merkezi ve hastane
Jabbarzadeh vd.	2014	Robust optimization	Tahran- İran	Kan hizmetleri
Osorio vd.	2015	Literatür araştırması	1963 ile 2014 arasındaki çalışmalar	-
Morgan vd.	2015	Yönetimsel inceleme	İngiltere ve Avustralya Kan Hizmetleri	Ulusal kan hizmetleri

Tablo 1.4 Kan tedarik zincirinde birden fazla aşamayı ele alan çalışmalara ilişkin literatürün özeti (devamı)

Bagot vd.	2016	Yönetimsel inceleme	60 bağışçı ile telefon görüşmesi	Kan toplama noktası
Bentahar vd.	2016	Yönetimsel inceleme	Bir Avrupa kan transfüzyon merkezinde farklı paydaşlarla yürütülen dokuz yarı yapılandırılmış görüşmeye dayanan nitel bir vaka çalışması	Transfüzyon merkezi
Fereiduni ve Shahanaghi	2016	Robust optimizasyon	Tahran- İran	Bağış noktası, kan merkezi ve hastane
Zahiri ve Pishvae	2017	Birden fazla yöntem kullanan	Mazandaran bölgesi- İran	Mobil toplama noktası, Kan merkezi ve hastane
Fahimnia vd.	2017	Stokastik programlama	Sayısal örnek	Bölgesel kan merkezi, yerel kan merkezi ve mobil toplama noktası
Khalilpourazari ve Khamseh	2017	Çok amaçlı matematiksel modelleme	Tahran- İran	Bağışçılar, kan toplama noktası ve kan merkezi
Masoumi vd.	2017	Ağ optimizasyonu	Gerçek verileri - büyük ölçekli bir kan tedarik zinciri ağı (ABD)	Kan toplama noktası, Kan merkezi ve talep noktası
Osorio vd.	2017	Simülasyon	Kolombiya Bogota'daki Hemocentro Distrital kan merkezi	Bağışçılar, bölgesel kan merkezi, kan merkezi ve hastane
Samani vd.	2018	Çok amaçlı matematiksel modelleme	Sayısal örnek	Bağışçılar, kan merkezi ve hastane
Habibi-Kouchaksaraei vd.	2018	Birden fazla yöntem kullanan	Qaemshahr şehri - İran	Bağışçılar, kan merkezi ve tıbbi merkez
Haeri vd.	2019	Birden fazla yöntem kullanan	İran Kan Transfüzyon hizmetleri	Kan toplama noktası, kan üretim merkezi, kan dağıtım merkezi ve talep noktası
Armaghan ve Pazani	2019	Çok amaçlı matematiksel modelleme	Tahran- İran	Kan toplama noktası, laboratuvar ve kan merkezi

Tablo 1.4 Kan tedarik zincirinde birden fazla aşamayı ele alan çalışmalara ilişkin literatürün özeti (devamı)

Samani vd.	2019	Çok amaçlı matematiksel modelleme	Tebriz Şehri- İran	Kan toplama noktası, bölgesel kan merkezi, talep noktası ve imha merkezi
Diabat vd.	2019	Robust optimizasyon	Meşhed Şehri- İran	Kan toplama noktası, kan merkezi ve hastane
Salehi vd.	2019	Stokastik programlama	Tahran- İran	Kan toplama noktası, kan merkezi ve transfüzyon merkezi

1.2 Tezin Amacı

Kan tek üretim kaynağı insan olan ve belirli bir ömre sahip olan dayanıksız ürünler sınıfında yer alan bir malzemedir. Tek kaynağının insan olması ve dünya üzerinde çoğu ülkede gönüllük esasına göre temin edilmesi, buna karşılık kısıtlı bir raf ömrüne ya da yaşam süresine sahip olması kanın etkin yönetilmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu kapsamda mevcut kan tedarik zinciri literatürü kanın ve/veya kan ürünlerinin akışı açısından incelendiğinde yapılan çalışmaların envanter yönetimi, kanın toplanması, kanın dağıtılması ve toplama ve dağıtımın birlikte ele alındığı çalışmalar olmak üzere dört ana başlıkta toplamak mümkündür.

Bu tez çalışması kapsamında, kan tedarik zincirinde kan ve kan ürünlerinin dağıtım faaliyetlerine yönelik bir modelleme çalışması yapılması amaçlanmaktadır. Dağıtım faaliyetinin seçilmesinin temel nedenleri, literatürde diğer alanlara göre daha az çalışılmış bir alan olması ve Türk Kızılay'ı Kan Hizmetleri Genel Müdürlüğü ile yapılan görüşmelerde dağıtıma yönelik yapılacak optimizasyon çalışmalarına ihtiyaç duyulduğu vurgulanmış olmasıdır. Benzer problemlere çözüm oluşturmak için matematiksel model ve metasezgisel model geliştirilmiştir. Sunulan çözümle, en uygun rotalar oluşturularak kan merkezlerinden hastanelere kan ve kan ürünlerinin gönderimi amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Bu tez çalışmasında, gerçek kan tedarik zincirinde dağıtım problemi için çalışmaya özgü matematiksel model ve genetik algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen metasezgisel algoritma ile optimale yakın sonuçlar elde edileceği savunulmuştur. Ayrıca geliştirilen algoritmanın ve matematiksel modelin, benzer yapıdaki problemlere de çözüm sağlayacağı da savunulmuştur. Çalışmanın hazırlanmasında literatür özeti bölümünde yer alan, literatür incelenmesinden faydalanılmıştır.

Bu tez çalışmasıyla literatür açısından elde edilen katkılar aşağıdaki gibidir:

- Kan tedarik zinciri alanında az çalışılmış bir konu olan kan ve kan ürünlerinin dağıtımı konusunda teorik bir altyapı ile birlikte matematiksel bir model ortaya konulmuştur.
- Ortaya konulan matematiksel modelin çözümü için geliştirilen metasezgisel algoritma, kan dağıtım sistemi problemini etkin bir şekilde çözmek için literatüre yeni bir hibrit çözüm sunmaktadır.
- Gerçek veri ile çalışılarak geçerli ve güvenilir bir çalışma yapılmıştır.
- Geliştirilen model ve modelin uygulanması ile elde edilen veriler kan dağıtımından sorumlu organizasyonların stratejik, taktik ve operasyonel eylem planlarında uygulanabilir.
- Literatürde Türkiye gerçek verisi ile çalışılmış kan dağıtımına ilişkin çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca Türkiye’de kan hizmetlerinden tek sorumlu kuruluş olan Türk Kızılay’ı için daha optimal kan dağıtım stratejisi ile daha az maliyetli ve daha hızlı kan dağıtımı amaçlanmıştır.

Kan tek üretim kaynağı insan olan ve belirli bir ömre sahip olan dayanıksız ürünler sınıfında yer alan bir üründür. Tek kaynağının insan olması ve dünya üzerinde çoğu ülkede gönüllük esasına göre temin edilmesi, buna karşılık kısıtlı bir raf ömrüne sahip olması kanın etkin yönetimini zorunlu kılmaktadır.

Kan tedarik zinciri, donörden alıcıya kan ve kan ürünlerinin toplanması, test edilmesi, işlenmesi ve dağıtılması süreçlerini içerir (Osorio vd., 2015).

Kan tedarik zincirinin araştırmacı bakış açısıyla ilginç ve/veya zor kılan noktalar Pierskalla (2005) tarafından aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

1. Kan dayanıksız bir ürün olup tam kanın birden çok bileşeni vardır ve tam kandan elde edilen bileşenlerden elde edilen ürünlerin birbirinden farklı raf ömrü vardır. Tam kandan bileşenlerin elde edilmesi önemli bir maliyete sahiptir.
2. Tam kanın tedariği rassal bir değişkendir ve çoğunlukla planlama açısından büyük bir varyansa sahiptir. Bağışın gerçekleştiği nokta ve bağış zamanı genellikle belirsizdir. Kanın tedariğini ayrıca listesi sürekli artan virüslerin ve hastalıklar açısından kan ve bileşenlerinin test edilmesi etkilenmektedir; sistemde daha çok değişkenlik ve daha çok riske neden olmaktadır.
3. Hastanelerdeki kan bileşenlerine olan talebin miktarı ve sıklığı rassal değişkendir.
4. Stratejik tasarım, stratejik politikalar ve bunların operasyonel ve taktik seviye için yansımaları olmak üzere birbiri ile ilişkili çok sayıda karar verilmektedir.
5. Kan tedarik zinciri, diğer çoğu tedarik zincirinde olduğu gibi büyük bir sistemin alt sistemi olarak ele alınamaz, bütün bir sistem olarak değerlendirilmelidir.

6. Araştırma bakış açısıyla, gerçek problemlerden teknik olarak dikkat çekici ve genellenebilir teorik araştırmalar çıkarılabilir.

2.1 Kan Ürünleri

Kan tedarik zinciri yönetiminin önemi ilgilendiği ürün olan kanın önemiyle yakından ilişkilidir. Kan bozulabilir yapıda olması ve kan ürünlerinin bozulma zamanlarının farklılığı ve transfüzyon merkezlerinden kan ürünü bazında talep tedarik zinciri sürecini şekillendiren önemli bir unsurdur. Kan tedarik zinciri yönetimi literatüründeki çalışmaların %45'i kan ürünü özelinde de ayrılmaktadır. Aşağıdaki Tablo 2.1'de kan tedarik zinciri yönetimi literatüründeki çalışmalarda kan ürünü ayrımı yapan çalışmalar ve hangi kan ürününü dikkate aldıkları gösterilmektedir.

Tablo 2.1 Dikkate alınan kan ürünlerine göre kan tedarik zinciri yönetimi literatürü

Yayın	Tam Kan	Eritrosit	Donmuş Plazma	Trombosit
Pierskalla ve Roach (1972)	✓			
Rabinowitz (1973)	✓			
Jennings (1973)	✓			
Frankfurter vd. (1974)	✓			
Brodheim vd. (1975)	✓			
Cumming vd. (1976)	✓			
Cohen (1976)	✓			
Chazan ve Gal (1977)	✓			
Pegels vd. (1977)	✓			
Deurmeyer (1979)		✓		✓
Friedman vd. (1982)	✓	✓		

Tablo 2.1 Dikkate alınan kan ürünlerine göre kan tedarik zinciri yönetimi literatürü (devamı)

Cohen vd. (1983)		✓		
Critchfield vd. (1985)				✓
Sirelson ve Brodheim (1991)				✓
Goh vd. (1993)	✓			
Georgsen ve Kristensen (1998)		✓		
Novis vd. (2002)		✓		
Chapman ve Cook (2002)		✓		
Glynn vd. (2003)	✓			
Custer vd. (2004)	✓			
Pereira (2005)		✓		
Custer vd. (2005)	✓			
Sonmezoglu vd. (2005)	✓			
Schreiber vd. (2005)	✓			
Pierskalla (2005)	✓	✓	✓	✓
Denesiuk vd. (2006)		✓		
Katsaliaki ve Brailsford (2007)		✓		
Kopach vd. (2008)		✓		
Katsaliaki (2008)		✓		
Erickson vd. (2008)		✓		
Galloway vd. (2008)		✓		
Haijema vd. (2009)				✓

Tablo 2.1 Dikkate alınan kan ürünlerine göre kan tedarik zinciri yönetimi literatürü (devamı)

Fontaine vd. (2009)				✓
Blake vd. (2009)				✓
Van Dijk vd. (2009)				✓
Heddle vd. (2009)		✓		
Davis vd. (2009)		✓		✓
Ghandforoush ve Sen (2010)				✓
Fontaine vd. (2010)		✓		
Kamp vd. (2010)		✓		
De Kort vd. (2010)	✓	✓		
Lowalekar ve Ravichandran (2010)	✓	✓	✓	✓
Randa vd. (2011)		✓	✓	✓
Seifried vd. (2011)	✓	✓		✓
Stanger vd. (2012)		✓		
Alfonso vd. (2012)	✓		✓	✓
Duan ve Liao (2013)				✓
Folléa (2013)		✓		
Blake vd. (2013)		✓		
Blake ve Hardy (2013)		✓		✓
Alfonso vd. (2013)	✓		✓	✓
Abdulwahab ve Wahab (2014)				✓
Duan ve Liao (2014)		✓		

Tablo 2.1 Dikkate alınan kan ürünlerine göre kan tedarik zinciri yönetimi literatürü (devamı)

Blake ve Hardy (2014)		✓		
Simonetti vd. (2014)		✓		
Abbasi ve Hosseinifard (2014)		✓		✓
Mobasher vd. (2015)				✓
Civelek vd. (2015)				✓
Blake vd. (2015)		✓		
Gunpinar ve Centeno (2015)		✓		✓
Alfonso vd. (2015)	✓			
Wang ve Ma (2015)	✓	✓		✓
Fortsch ve Khapalova (2016)	✓			
Bagot vd. (2016)	✓		✓	
Ensafian ve Yaghoubi (2017)				✓
Dillon vd. (2017)		✓		
Sibuea vd. (2017)		✓		✓
Osorio vd. (2017)		✓	✓	✓
Samani vd. (2018)		✓	✓	✓
Salehi vd. (2019)			✓	✓
Larimi ve Yaghoubi (2019)				✓
Rajendran ve Ravindran (2019)				✓
Jemai ve Sarkar (2019)				✓

Tablo 2.1 Dikkate alınan kan ürünlerine göre kan tedarik zinciri yönetimi literatürü (devamı)

Hamdan ve Diabat (2019)		✓		
Pi, Shih, Sham, Zamar, Roland ve Hudoba (2019)		✓		
Hosseini-Motlagh, Samani ve Homaei (2019)		✓		
Dutta ve Nagurney (2019)		✓		
Hosseini-Motlagh, Samani ve Cheraghi (2019)		✓		✓
Ezugwu, Olusanya ve Govender (2019)	✓			
Selvakumar, Shahabudeen ve Robert (2019)	✓			
Bruno, Diglio, Piccolo ve Cannavacciuolo (2019)	✓			
Haeri vd. (2019)	✓			
Samani vd. (2019)	✓		✓	✓
Özener, Ekici ve Çoban (2019)	✓			
Hosseini-Motlagh, Larimi ve Nejad (2020)			✓	
Hamdan ve Diabat (2020)		✓	✓	✓

Tam kanın, hasta için gerekli ürünlere ayrılması tedavi başarısını arttırmakta, sadece gerekli ürünlerin transfüzyonu yan etkileri azaltır ve bir ünite tam kan birkaç hastayı tedavi edebilir (Ördekçi, 2006).

Tam kandan elde edilen kan ürünleri, eritrosit süspansiyonu, donmuş plazma, trombosit süspansiyonu ve kriyopresipitatır (Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi, t.y.).

2.1.1 Tam Kan

Bağışçıdan alındıktan sonra hiçbir işlem uygulanmadan uygun solüsyonlu poşetlerde bulunan kana tam kan denir (23. Ulusal Kan Merkezleri Ve Transfüzyon Tıbbi Kurs Kitabı). 24 saatten az süre beklemiş kana “taze tam kan” denir. Tam kan, kırmızı ve beyaz kan hücreleri, trombosit ve plazma içerir. Tam kan +2 ile +6°C arasında 35 gün saklanabilir. Tam kan, hastalarda hızlı kan kaybı varsa tercih edilir (Çavuşoğlu, Bora Güneş ve Pars, 2015).

2.1.2 Eritrosit

Tam kandan satrifüj yöntemiyle plazmanın uzaklaştırılmasıyla elde kalan kırmızı kan hücreleridir. Özel solüsyonlar içinde eritrosit süspansiyonları +4°C’de 42 gün saklanabilir (Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi, t.y.).

Eritrositler, büyük kan kaybı durumunda ameliyatta kullanılır, ancak aynı zamanda anemik hastaları ve prematüre bebekleri tedavi etmek için de kullanılır (Beliën ve Forcé, 2012).

2.1.3 Donmuş Plazma

Tam kandan satrifüj yöntemiyle kan hücrelerinin (eritrosit, trombosit ve lökosit) ayrılmasıyla elde edilen sıvının -30°C’de hızlı bir şekilde dondurulmasıyla elde edilen kan ürün donmuş plazmadır. -18°C’de 1 yıl saklanabilir (Güler ve Armağan, 2003).

Kan plazması, ameliyatlarda kan kaybını azaltmak (veya bununla baş etmek) için kullanılan bir bileşendir (Beliën ve Forcé, 2012).

2.1.4 Trombosit

Trombosit, bağışçılardan iki farklı şekilde elde edilmektedir. İlki kan bağışı sırasında aferez denilen eş zamanlı ayrıştırma ile ya da tam kanın satrifüj edilmesiyle plazma içindeki trombosit hücrelerinin çöktürülmesiyle elde edilebilir. +20 ile +24°C arasında 5 gün saklanabilir (Güler ve Armağan, 2003).

Trombositin en yaygın kullanıldığı tedaviler, büyük kan kaybının olduğu durumlar ve kanser tedavileridir (Beliën ve Forcé, 2012).

2.1.5 Kan Grupları (ABO ve Rh Gruplaması)

Hasta tedavilerinde kan ürünleri kadar kan grupları da önem taşımaktadır. Kan envanter yönetiminde, kan ürünleri sınıflandırılırken kan grupları da dikkate alınmaktadır.

Kan grubunu kırmızı kan hücrelerinde bulunan A, B, 0 ve AB antijenleri belirler. 0 kan grubunda A ve B antikorları varken ancak antijen bulunmaz. A kan grubu B antikor, B kan grubu da A antikor içerir. AB kan grubu antikor içermez.

Kan ayrıca ABO gruplandırılmasıyla beraber Rh tipi ya da D antijeni için de test edilir. D antijeni varsa hasta Rh pozitif, yoksa Rh negatiftir. Rh pozitif bir kan, Rh negatif bir alıcıya verilirse anti-D antikorları gelişir ve sonraki transfüzyonlarda ciddi reaksiyonlara yol açar ve hastanın sağlığı tehlikeye girebilir.

0 kan grubu evrensel verici olarak bilinmesine rağmen diğer kan gruplarında bulunan antijenlere karşı taşıdığı antikorlar olduğu için pratikte kullanılmamaya dikkat edilir. Aynı şekilde AB kan grubu da genel alıcı olarak bilinmesine rağmen taşıdığı antijenlere karşı diğer kan gruplarında antikor olduğu için pratikte kullanılmamaya dikkat edilir (Çavuşoğlu vd., 2015).

Türkiye'deki kan gruplarının oranları, A grubu %43, B grubu %16, 0 grubu %33 ve AB grubu %7'dir. Ayrıca %85 oranında Rh faktörü pozitifdir (Güler ve Armağan, 2003).

2.2 Kan Tedarik Zincirinin Aşamaları

Kan ve kan ürünlerinin sahip olduğu yaşamsal değer, kan tedarik zincirinin etkin ve verimli yönetimini zorunlu kılmaktadır. Etkin ve verimli bir kan tedarik zinciri, talebi karşılamalı, israfı önlemeli ve bunları maliyetleri en azlayarak sağlamalıdır. Kan tedarik zinciri, kan bağış çoğu ülkede gönüllülük esasına dayalı da olsa birçok unsuru içinde barındırır. Kan tedarik zincirindeki temel maliyetler, işgücü, test, kanı kan ürünlerine ayırma, depolama ve taşıma maliyetleridir (Osorio vd., 2015).

Kan tedarik zincirinin sahip olduğu kompleks yapı nedeniyle, etkin ve verimli yönetilebilmesi ve her aşamada alınan kararların farklılığı nedeniyle incelenirken temel aşamalarına ayrılarak değerlendirilmektedir. Aşağıdaki Şekil 2.1 kan tedarik

zincirinin ana aşamalarını göstermektedir: kanın toplanması, tam kandan kan ürünlerinin üretilmesi, elde edilen kan ürünlerin envanter olarak yönetilmesi ve kan ürünlerinin ihtiyaç duyulan noktalara dağıtılması.



Şekil 2.1 Kan tedarik zincirinin aşamaları (Osorio vd., 2015)

2.2.1 Toplama

Kan tedarik zincirinin toplama aşaması, kan ve kan ürünlerinin temin edilmesini kapsar. Bu aşamada hedeflenen ihtiyacı karşılayacak kadar kan ve kan ürünlerinin elde edilmesidir. Tedarik zincirinin bu aşamasında alınması gereken kararlar; bağış ve bağışçı yönetimi, yer ve kapasite kararları ve toplama yöntemlerine ilişkin kararlar olarak genellenebilir.

2.2.2 Üretim

Kan tedarik zincirinin üretim aşaması, kan bağış noktalarından elde edilen kanların kan merkezlerinde test edildiği ve genellikle bileşenlere ayrıldığı aşamadır. Bu aşamada alınan kararlar, kan tedarik zincirinin performansını iyileştirmek ve elde edilen kanı daha iyi değerlendirmek için ürünlere ayırmada ve test etmede kullanılacak alternatif yöntemleri değerlendirmektir.

2.2.3 Envanter

Kan tedarik zincirinin envanter aşaması, elde edilen kan ve kan ürünlerine yönelik envanter politikalarının belirlenmesidir. Kandan elde edilen ürün çeşit fazlalığı, bu ürünlerin bozulabilir olması ve her bir ürünün bozulma sürelerinin ve saklama koşullarının farklılığı, çapraz eşleştirme olanakları ve uyumsuzluk durumları gibi birçok sorunu dikkate almayı gerektiren karmaşık bir aşamadır. Birinci bölümde belirtildiği üzere, kan tedarik zinciri literatüründe en çok çalışılan aşamadır. Bu aşamada verilen kararlar genel olarak, yer seçimi, depolama, kullanılacak bilgi sistemi seçimi, kapasite belirleme, envanter yönetim politikaları ve acil ve öngörülemez durumlar için alternatif planların belirlenmesidir.

2.2.4 Dağıtım

Kan tedarik zincirinin dağıtım aşaması, kan merkezlerinde depolanan kan ürünlerinin ihtiyaç noktalarına gönderilmesidir. Bu aşamada amaç, hastaya doğru miktarda, doğru kan ürününü ihtiyaç duyulan zamanda ulaştırmaktır. Talep noktalarının konumuna ve talebe bağlı ilerleyen bir aşamadır. Genel olarak, hastanelerin tarihsel verilerine, tahminlere ve klinik bilgilerine (yapılacak ameliyat sayısı ve ameliyat türü) dayanarak kan merkezlerinden günlük kan talepleri sağlar. Hastanelerde yapılacak ameliyat sayısı ve türü kan ihtiyacını belirlemede önemli bir unsurdur; her tip ameliyat için genel olarak ne kadar, hangi kan ürünü gerektiğini belirten yayınlanmış tablolar vardır ve gönderilecek kan ürünü miktarını belirlerken kullanılmaktadır. Ayrıca acil durumlarda dikkate alınarak dağıtım süreci tasarlanmalıdır.

Dağıtım aşamasında alınan kararlar genel olarak, kan ürünü gönderimiyle ilgili araç türü, kapasite ve personel seçimi, hastane- kan merkezi eşleştirmesi ve dağıtım rotalarının oluşturulmasıdır.

2.3 Kan Tedarik Zincirinde Yer Alan Birimler

Kan tedarik zincirinde kanın bağışçılardan elde edilmesinden başlayarak ihtiyacı olan kişiye nakli sürecinde çeşitli birimler aktif rol oynamaktadır. Ülke bazında ya da bölge bazında yürütülen kan tedarik zinciri süreçleri farklılık gösterse de genel olarak kan tedarik zincirinde kan bağış noktaları, kan merkezleri ve transfüzyon merkezleri süreçte yer almaktadır.

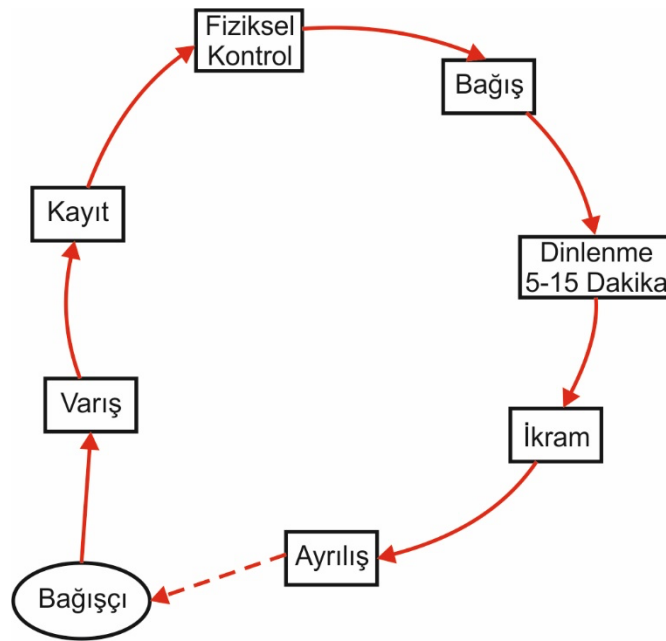
2.3.1 Kan Bağış Noktaları

Kan bağışı, “tam kan ya da kan bileşenlerinden en az birinin bağışlanması işlemi” ve kan bağışçısı, “kendi özgür iradesi ile gönüllü olarak, nakit para veya paraya dönüşebilecek değerler gibi hiçbir maddi çıkar gözetmeden kan, plazma veya hücre kan bileşenlerini bağışlayan kişi” olarak tanımlanmaktadır (Türk Kızılay, 2016). Kan bağışçı yerine donör kavramı da kullanılmaktadır.

Kan bağış noktaları, kanın bağışçılardan temin edildiği alanları temsil etmektedir. Kan tedarik zincirinin toplama aşamasında yer almaktadır. Kan bağış noktaları, sabit ve geçici bağış noktaları olarak ikiye ayrılmaktadır. Sabit kan bağış noktaları,

belirli sabit bir konumda yer alan ve bağışçılarının istedikleri zamanda gidip tam kan bağışında bulundukları yerlerdir. Geçici bağış noktaları, kan bağışını teşvik amaçlı insan yoğunluğunun fazla olduğu alışveriş merkezi, kent meydanları, üniversite kampüsleri, aktivite alanları, vb. noktalara gönderilen kan alımı yapabilecek ekipmanların bulunduğu mobil araçlardır. Bu mobil araçlar aynı zamanda doğal afet ya da olağanüstü durumlar gibi kan ihtiyacının arttığı durumlarda da olay yerinde hazır bulunarak artan kan talebini hızlı bir şekilde karşılamak amacıyla da kullanılmaktadır.

Kan bağış noktalarında genel kan bağış süreci aşağıdaki Şekil 2.2’de gösterilmiştir:



Şekil 2.2 Kan bağış noktalarında kan bağış süreci (Ferguson, 1996)

Kan bağış noktasına gelen bağışçı, öncelikle kan bağış süreci hakkında bilgilendirilir ve bu çerçevede gerekli formları doldurur. Bağışçının doldurduğu form doğrultusunda kimlik tespiti ve kan bağışına engel olabilecek bir durumunun olup olmadığı çeşitli sistemler üzerinden kontrol edilir. Bağışçının kan vermesine engel bir durum yoksa eğer doktor mevcut ise doktor tarafından yok ise sağlık görevlisi tarafından genel bir fiziksel kontrol yapılarak kan bağış için belirli normlara göre (yaş, kilo, daha önce bağış yapılmış ise arada geçen süre, vb.) uygunluğu değerlendirilir. Bu değerlendirme sonucu olumlu ise kişi kan bağış yapar. Bir bağışçı ortalama 450 ml kan bağış yapar. Kan bağış işlemi bittikten sonra bağışçı 5 ile 15 dakika arasında dinlendirilir ve eğer imkanlar el veriyorsa

yiyecek ve içecek ikram edilir. Bağışçı, kan bağış noktasından dikkat etmesi gereken noktalar hatırlatıldıktan sonra ayrılır.

Kan bağış noktalarında toplanan kanlar ya da kan ürünleri önceden planlanmış şekilde gönderilen araçlar ile bölge kan merkezlerine gönderilir.

2.3.2 Bölge Kan Merkezleri

Dünyanın çoğu yerinde, kan bankası operasyon sistemleri, satın alma ve dağıtımı bölgesel bir şekilde yürütür. Diğer bir deyişle, her coğrafi bölgede, alt düzey birimlerinin koordinasyonundan ve yönetiminden sorumlu bir “Bölgesel Kan Merkezi” bulunmaktadır. Bununla birlikte, depolama ve dağıtım teknolojilerindeki ilerlemelere rağmen, hastanelerin kan ürünlerini başka bölgelerde, hatta bazen çok uzakta bulunan tedarikçilerden temin etmesi gerekebilir (Nagurney vd., 2012).

Bölge kan merkezleri, kan tedarik zincirinde en önemli fonksiyona sahip birimlerdir. Bölge kan merkezleri, kan bağış noktalarından elde edilen kan ve kan ürünlerinin incelendiği, test edildiği, tam kanın kan ürünlerine ayrıştırıldığı, ürünlerin kendi özelliklerine göre depolandığı ve ihtiyaç doğrultusunda transfüzyon merkezlerine dağıtımından sorumlu birimlerdir.

Bölge kan merkezlerinde yürütülen temel faaliyetler üç ana grupta toplanabilir: laboratuvar işlemleri, depolama faaliyetleri ve dağıtım faaliyetleri (Nagurney vd., 2012).

2.3.2.1 Laboratuvar İşlemleri

Bölge kan merkezlerinde laboratuvarlarda yapılan temel işlemler bağışçıdan temin edilen kanın çeşitli hastalıklar için test edilmesi ve kanın bileşenlerine ayrılmasıdır.

Dünya Sağlık Örgütü, bağışlanan kana HIV, hepatit B, hepatit C ve sifiliz (frengi) taramasını zorunlu tutmaktadır (World Health Organization, 2020). Ülke bazında ya da dönemsel olarak yaygın görülen bulaşıcı hastalıklar varsa bu süreçte test edilmelidir. Bu testlerin sonucu çıkıncaya kadar kan bölge kan merkezinde karantinada bekler. Test sonuçları negatif çıkarsa kan, bir sonra ki aşama olan bileşenlerine ayırma işlemine yönlendirilirken; testi pozitif çıkan kanlar

doğrulama laboratuvarına gönderilip ileri testler yapılır ve imha edilir (Türk Kızılay Kan Hizmetleri, t.y.b).

Bağışçılardan elde edilen tam kan, antikoagülan içinde toplanan kan, değiştirilmemiş bir durumda saklanabilir ve bir hastaya nakledilebilir. Bu, "tam kan" transfüzyonu olarak bilinir. Bununla birlikte, kan, kırmızı hücre konsantreleri (eritrosit), trombosit konsantreleri, plazma ve kriyopresipitat gibi bileşenlere işlenirse daha etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu sayede birden fazla hastanın ihtiyacını karşılayabilir (World Health Organization Regional Office for Europe, t.y). Böylece kanın etkili ve verimli kullanımı sağlanır. Ayrıca transfüzyon merkezlerinden talep, kan grubu bazında geldiği için kan ve kan ürünleri çeşitli yöntemlerle ABO ve Rh gruplarına bu aşamada ayrılır.

2.3.2.2 Depolama

Elde edilen kan bileşenleri, uygun sıcaklık ve saklama koşullarına göre transfüzyon merkezine gönderilinceye kadar depolarda saklanır. Kan bileşenlerinin saklandığı sıcaklıklar ve depolanabilecekleri süreler aşağıdaki Tablo 2.2' deki gibidir:

Tablo 2.2 Kan ürünlerinin depolanma koşulları (Türk Kızılay Kan Hizmetleri, t.y.c)

Kan Ürünü	Saklama Sıcaklığı	En Fazla Depolanma Süresi
Eritrosit süspansiyonu	+4°C	42 gün
Trombosit süspansiyonu	+ 20°C ile +24°C arası	5 gün
Taze donmuş plazma	-25°C'in altında	2 yıl

2.3.2.3 Dağıtım

Transfüzyon merkezlerinden gelen talepler dikkate alınarak kan ürünleri uygun taşıma araçları ile soğuk zincir bozulmadan sağlık kuruluşlarına sevk edilir.

2.3.3 Kan Transfüzyon Merkezleri

Bağışçılardan kan bağış noktalarında elde edilen kan ve kan ürünleri, bölge kan merkezlerinde gerekli test ve işlemlerden geçtikten sonra ihtiyaç duyan insanlara nakil edilmek üzere kan transfüzyon merkezlerine gönderilir. Kan transfüzyon merkezleri kan tedarik zincirinin dağıtım aşamasının son basamağında yer almaktadır. Kan transfüzyon merkezleri genellikle hastanelerdir; bunun dışında tıbbi tedavi yapan ve kan nakli yapabileceği yasal olarak belirlenmiş noktalarda transfüzyon merkezi olarak değerlendirilmektedir.

Kan transfüzyon merkezleri, Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen acil koşullar altında (kan bileşenine en fazla 3 saat içinde hazır bulunması) kan bağış noktası olarak da görev yapabilir (Türk Kızılay, 2016).

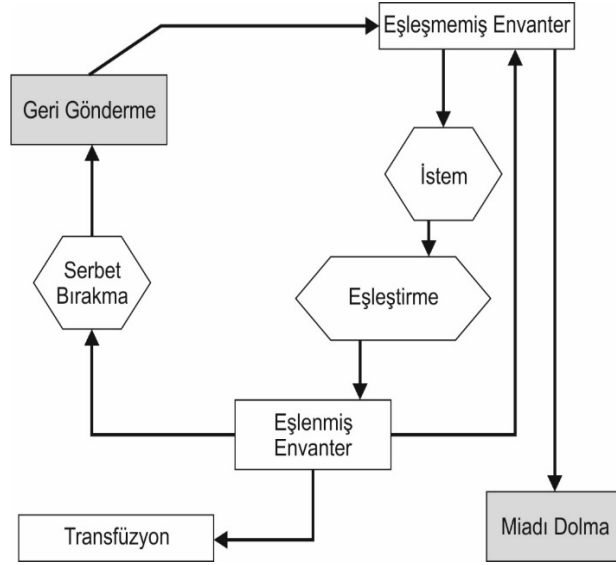
Kan transfüzyon merkezleri ile bölge kan merkezleri arasında kan ürünlerinin talebi ve hastalara nakli için bir sözleşme imzalanır. Bu sözleşme doğrultusunda transfüzyon merkezleri, bölge kan merkezlerinden periyodik kan ürünü talebi yapabilirken, ortaya çıkan acil hastalar için de acil kan talebi yapabilmektedir.

Kan transfüzyon merkezlerinde doğru hastaya doğru kan ürününün (hem ürün tipi, hem doğru kan grubu hem de doğru Rh faktörü) uygun koşullar altında infüze edilmesi, hasta sağlığı açısından hayati önem taşımaktadır. Bu da kan tedarik zincirinde envanter yönetiminin önemini arttırmaktadır.

Kan transfüzyon merkezlerinin bir değer önemli fonksiyonu da elinde olan ihtiyaç fazlası kan ürünlerini israf olmasını önlemek için ihtiyaç duyulan diğer kan transfüzyon merkezlerine gönderimini sağlamak ve ellerindeki kan ürünlerinin son kullanım tarih kontrolünü yaparak miadı dolmuş ürünlerin imhasını gerçekleştirmektir.

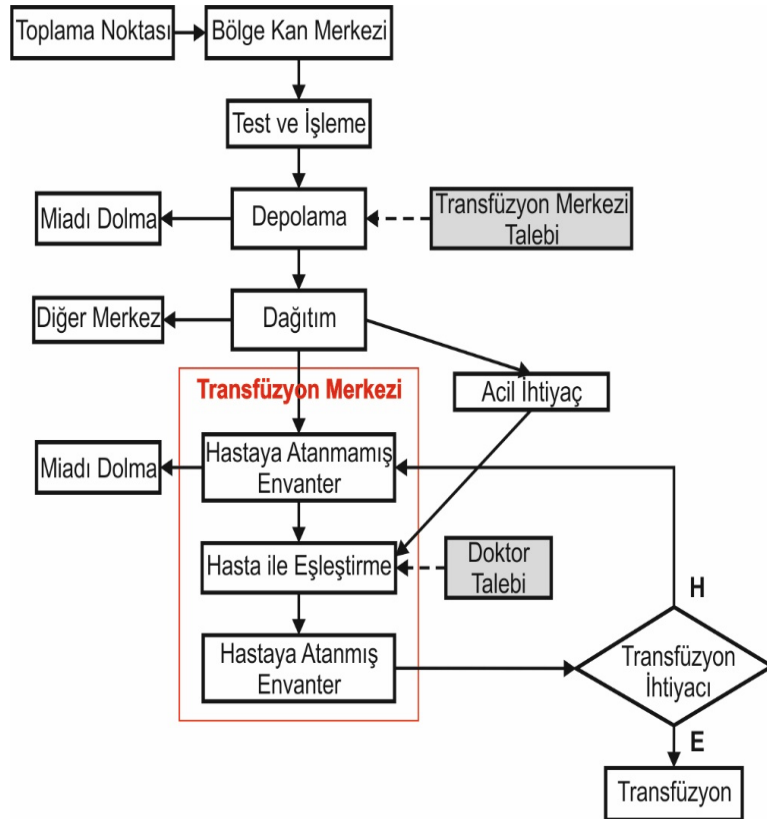
Kan transfüzyon süreci, hastanın transfüzyon hakkında bilgilendirilmesi ile başlamaktadır. Herhangi bir hata olasılığını azaltmak için hasta ile kan ürünü eşleşmesi tekrar kontrol edilir. Eşleşme onaylandıktan sonra uygun kan transfüzyon seti hazırlanır ve kan ürünü ihtiyaç duyuluyorsa ısıtılarak transfüzyon işlemine başlanır. Süreç boyunca ve işlem bittikten sonra hasta yakından takip edilir ve gerekli raporlamalar yapılır (Türk Kızılay, 2016).

Kan transfüzyon merkezlerinde kan ürünlerinin izlediği süreç Şekil 2.3'te özetlenmiştir:



Şekil 2.3 Kan transfüzyon merkezlerindeki süreç (Pierskalla, 2005)

Kan tedarik zincirinde kan ve kan ürünlerinin birimler arasındaki akışının tedarik zincirinin aşamalarına gösterimi Şekil 2.4'teki gibidir:



Şekil 2.4 Kan ürünlerinin kan tedarik zincirinde birimler arasındaki akışı (Katsaliaki ve Brailsford, 2007)

TEZ ÇALIŞMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Bu tez kapsamında ele alınan kan dağıtım ağı optimizasyon problemi, bir araç rotalama problemidir. Araç rotalama problemleri polinom zamanda çözümü zor (NP-zor) problem olarak değerlendirilmektedir. Özellikle bu tez çalışması kapsamında gerçek hayat verileri ile büyük boyutta bir problemin çözümü hedeflendiğinde kesin çözüm veren optimizasyon yöntemleri, bilgisayar zamanı olarak çözüm bulmakta zorlanmaktadır. Bu problemin kabul edilebilir zamanda çözümü için, hibrit bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir.

Bu bölümde, çalışmada geliştirilen algoritmada kullanılan yöntemler tavlama benzetimi algoritması, Clarke ve Wright tasarruf algoritması ve genetik algoritma hakkında bilgi verilecektir.

3.1 Tavlama Benzetimi Algoritması

Tavlama benzetimi, kombinatoriyel problemlerin çözüm bulma sürecinde kullanılan olasılık tabanlı bir arama algoritmasıdır (Temiz, 2010).

Tavlama benzetimi, Metropolis, Rosenbluth ve Teller (1953) tarafından malzemelerin tavlama sürecini simüle etmek amacıyla geliştirilmiştir ve Kirkpatrick, Gelatt ve Veechi (1983) tarafından sezgisel bir optimizasyon yöntemi olarak önerilmiştir (Uysal ve Özcan, 2019). Metropolis, Rosenbluth ve Teller (1953) tarafından temel fikri ortaya çıkan tavlama benzetimi algoritması malzemelerin tavlama yani erime noktasına kadar ısıtılan malzemelerin tekrar katı hale dönünceye kadar sıcak banyolarda soğutulmasından esinlenilerek geliştirilmiştir. Metropolis algoritması ile soğutma sürecinden geçirilen bir sistemin kararlı bir duruma gelinceye kadar ki, enerjisindeki değişikliklerin benzetimini yapar (Gülsün, Tuzkaya ve Bildik, 2008).

Kirkpatrick vd. (1983), Metropolis algoritmasının mantığını kullanarak optimizasyon problemlerinde uygun çözümlere ulaşılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Tavlama süreci ile kombinatoriyal optimizasyon problemleri arasındaki benzerlik, katının farklı durumları, problemdeki mümkün farklı çözümlere ve sistem enerjisi problemin amaç fonksiyonuna karşılık gelmektedir. Yer durumu global optimumu, yarı-kararlı durum ise yerel optimumu göstermektedir (Çakır, 2006).

Metropolis, Rosenbluth ve Teller (1953)'nin önerdiği termodinamik simülasyon ile Kirkpatrick vd. (1983)'in önerdiği kombinatoriyel optimizasyon terimleri arasındaki ilişki aşağıdaki Şekil 3.1'deki gibidir:

<u>TERMODİNAMİK SİMÜLASYON</u>		<u>KOMBİNATÖRYEL OPTİMİZASYON</u>
Sistem Durumları	↔	Uygun Çözümler
Enerji	↔	Amaç Fonksiyonu
Durumun Değişimi	↔	Komşu Çözüm
Sıcaklık	↔	Kontrol Parametresi
Donma Durumu	↔	Sezgisel Çözüm

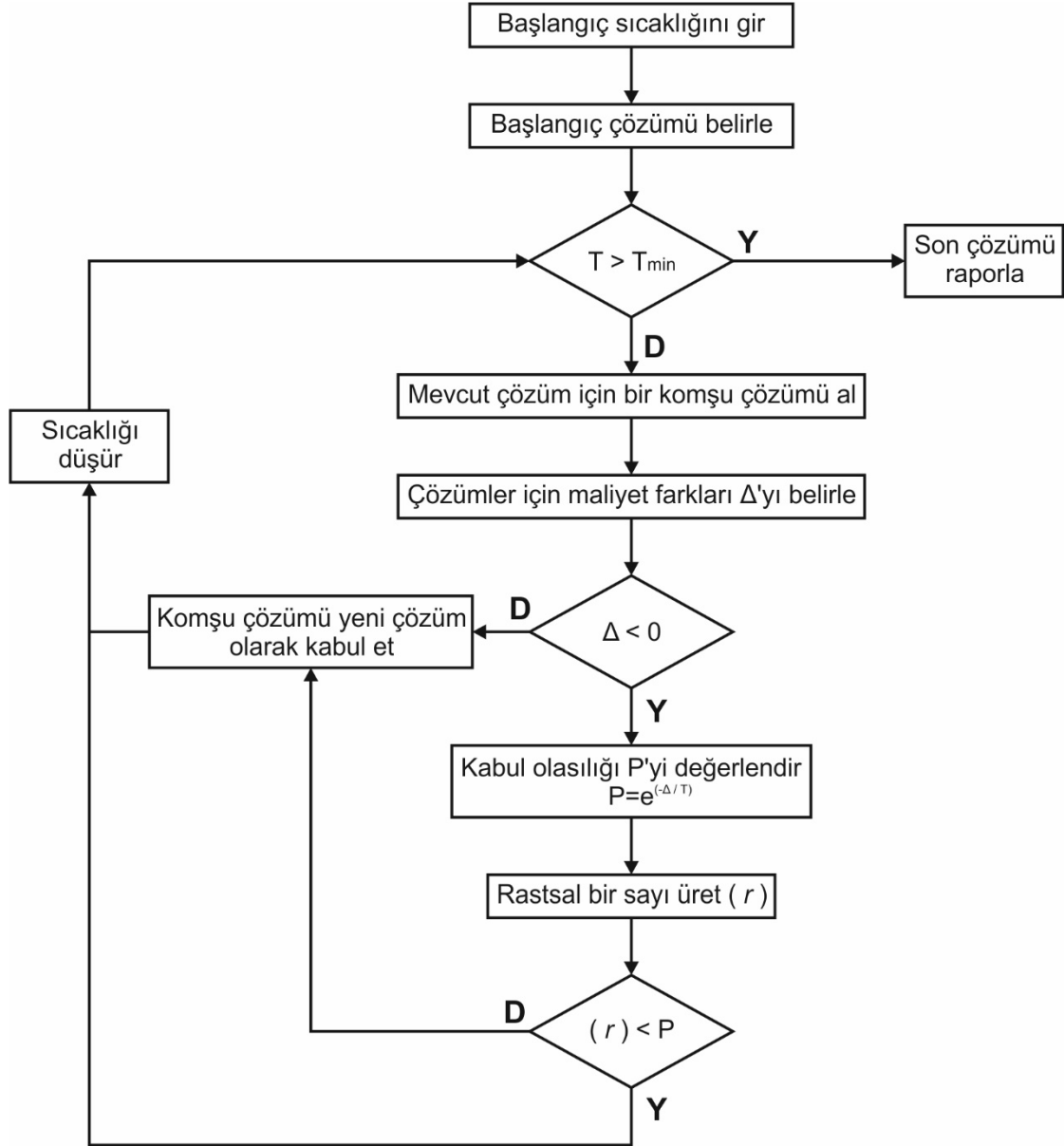
Şekil 3.1 Metropolis algoritması terimleri ile tavlama benzetimi algoritması terimleri (Güner ve Altıparmak, 2003)

Tavlama benzetimi, belirli bir başlangıç çözümün ve ilk sıcaklıktan başlayıp kurallı bir soğutma fonksiyonu uygulayarak yeni çözümlerin oluşturulması ve değerlendirilmesine dayanan bir süreçtir. Her bir iterasyonda elde edilen yeni çözümler bir önceki sonuçla karşılaştırılmakta iyileştirme sağlayan çözümlere geçiş yapılırken, global en iyi sonucu yakalamak için belli bir oranda da mevcut çözümü iyileştirmeyen çözümlerde yeni çözüm olarak kabul edilmektedir. Tavlama benzetiminin diğer yerel komşu arama algoritmalarına göre en önemli avantajı yerel minimumdan kurtulabilme yeteneğidir. Bunu da sağlayan sadece amaç fonksiyonunu iyileştiren çözümler dışında, kötüleşmeleri de kabul eden rastlantısal bir arama stratejisi benimsemiş olmasıdır (Cura, 2008).

Kolay uygulanabilir olması ve iyi kalitede çözümler üretmesi kombinatoriyel problemlerin çözümünde tavlama benzetimini ön plana çıkarırken, ihtiyaç

duyduğu bilgisayar zamanı ve parametre belirlemede birçok deneme yapılması gerekliliği yöntemin dezavantajları olmaktadır (Şahin, 2008).

Tavlama benzetiminin algoritması genel gösterimi aşağıdaki Şekil 3.2 gibidir:



Şekil 3.2 Tavlama benzetimi algoritması (Gülsün vd., 2008)

Tavlama benzetiminin ilk adımında bir başlangıç sıcaklığı ayarlanır (T_0) ve bir başlangıç çözümü oluşturulur (S). Mevcut çözüm $X=S$ 'dir. İkinci adımda bir komşu çözüm (S') oluştur. Üçüncü adımda çözümler arasındaki fark $\Delta = C(S') - C(S)$ hesaplanır. Eğer minimizasyon problemi için $\Delta < 0$ veya maksimizasyon

problemi için $\Delta > 0$ ise komşu çözüm yeni çözüm olarak kabul edilir ve sıcaklık düşürülerek ikinci adıma geri dönülür. Ama minimizasyon problemi için $\Delta > 0$ veya maksimizasyon problemi için $\Delta < 0$ olmaması durumunda kabul olasılığı $P = e^{(-\Delta/T)}$ değerlendirilir. Bu olasılığa bağlı olarak kötü çözüm kabul edilir ya da edilmez. Eğer kötü çözüm yeni çözüm olarak kabul edilirse, sıcaklık düşürülerek ikinci adıma dönülür ve T_{min} 'a ulaşana kadar döngü devam eder ve sonuç raporlanır.

Tavlama benzetiminin dört ana parametresi, başlangıç sıcaklığı, soğutma fonksiyonu, iterasyon sayısı ve durdurma koşulu aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.1.1 Başlangıç Sıcaklığı

Tavlama benzetiminde başlangıç sıcaklığı mümkün olduğunca yüksek tutulmaya çalışılır. Başlangıç sıcaklığı yüksek olduğunda amaç fonksiyonunda iyileşme sağlayan hareketler artacaktır. Yüksek başlangıç sıcaklığında algoritma daha yavaş ama daha fazla komşu çözümün incelenmesini sağlar (Cura, 2008). Tüm olası çözümleri değerlendirmek ve yerel en iyilerden kurtulmak için yüksek başlangıç sıcaklığı önerilir (Şahin, 2008).

Kirkpatrick vd. (1983) ve Kirkpatrick (1984) tavlama benzetiminin önemli parametrelerinden biri olan başlangıç sıcaklığını belirlemek için deneme yapmayı önermiştir. Önce keyfi bir sıcaklıkta başlayıp, birkaç yüz hamle yaparak ve kabul edilen hareketlerin oranını belirleyerek bir erime sıcaklığı (T_0) bulunmasını önermişlerdir.

3.1.2 Soğutma Fonksiyonu

Mevcut çözümleri temsil eden sıcaklık (T) algoritmada belirli bir soğutma fonksiyonu ile kademeli olarak azaltılmaktadır.

En bilinen soğutma fonksiyonu geometrik azaltma olarak bilinen ve Kirkpatrick vd. (1983) tarafından önerilen $T_{k+1} = \alpha T_k$ 'dır. Burada α soğutma oranıdır ve 0 ile 1 arasında bir değer alan ($0 < \alpha < 1$) bir parametredir (Ayan, 2009). α değerinin 0,8'den büyük değerlerde daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir (Cura, 2008).

3.1.3 İterasyon Sayısı

Tavlama benzetimi algoritması her bir sıcaklık için komşular oluşturulmakta, bunlar da ele alınan problem için yeni çözümleri temsil etmektedir. Mevcut çözüm, yeni çözüm ile karşılaştırılarak çözümlerin yer değiştirmesine geçiş denilmektedir. Her sıcaklıkta gözden geçirilecek komşu sayısını (n) sınırlamak gerekir yoksa algoritma sonsuz döngüye düşebilir (Ayan, 2009).

Herhangi bir sıcaklık seviyesinde yapılan komşu inceleme sayısı yerine de sıcaklık seviyesi için gözlenen kabul edilebilir komşu hareket sayısı da kullanılabilir (Cura, 2008).

3.1.4 Durdurma Koşulu

Tavlama benzetimi algoritmasını sonlandırmak yani sonsuz döngüye düşmesini önlemek için bir parametre olarak durdurma koşulu belirlenmelidir.

Tavlama benzetimi algoritması için durdurma koşulu üç şekilde belirlenebilir (Ayan, 2009):

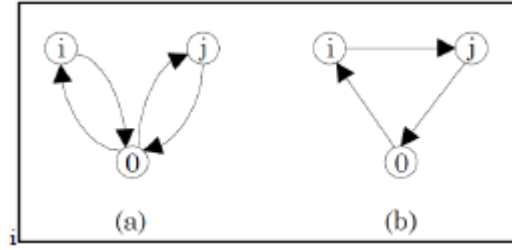
- Algoritma başlangıçta belirlenmiş bir son sıcaklığa (T_{min}) ulaştığında,
- Deneme sayısı olarak belirli bir sayıya ulaşıldığında,
- Hesaplama zamanını belirli bir süre ile sınırlandırılarak.

3.2 Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması

Clarke ve Wright tasarruf algoritması tur oluşturucu olarak sık kullanılan bir algoritmadır. 1964 yılında Clarke ve Wright tarafından araç rotalama problemini çözmek için önerilmiş bir algoritmadır. Clarke ve Wright tasarruf algoritması, bilinen en iyi tur oluşturma sezgiseli olarak kabul edilmektedir (Düzakın ve Demircioğlu, 2009).

Algoritmanın çalışma prensibi, bir depodan çoklu gönderim noktalarına tasarruf hesabı yaparak rotaların oluşturulmasıdır. Algoritma, tek depodan her bir müşteriye tek bir araçla gönderim yapılması durumundan başlayarak, kapasite kısıtı ve noktaların birleştirilerek aynı araçla gönderim yapılması durumunda sağlanan tasarruf dikkate alınarak rotaların oluşturulması prensibine dayanır ve toplam maliyeti minimize etmektedir.

Aşağıdaki Şekil 3.3’ te Clarke ve Wright tasarruf algoritmasını ile tur oluşturulması gösterilmiştir:



Şekil 3.3 Clarke ve Wright tasarruf algortiması (Halim ve Yoanita, 2015)

Şekil 3.3’ ün (a) kısmında 0 deposundan çıkan aracın i müşterisine gidip döndüğü ve aynı şekilde bir aracında 0 deposundan çıkıp j müşterisini ziyaret edip döndüğü görülmektedir. Bu rotada, araç i müşterisinden ayrıldıktan sonra doğrudan müşteri j’sini ziyaret ederek tasarruf elde edilebilir.

Şekil 3.3’ ün (a) kısmı için toplam taşıma maliyeti (3.1) denklemiyle:

$$C_a = d_{0i} + d_{i0} + d_{0j} + d_{j0} \quad (3.1)$$

Şekil 3.3’ ün (b) kısmı için toplam taşıma maliyeti (3.2) denklemiyle:

$$C_b = d_{0i} + d_{ij} + d_{j0} \quad (3.2)$$

Bu durumda toplam tasarruf maliyeti (3.3) denklemiyle:

$$s_{ij} = C_a - C_b = d_{i0} + d_{0j} - d_{ij} \quad (3.3)$$

hesaplanır.

Clarke ve Wright tasarruf algoritmasının adımları aşağıdaki gibidir (Laporte, 1992; Yazgan, Cömert ve Kılıç, 2020):

Adım 1: Her müşteri çifti için tasarruflar $s_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - d_{ij}$ ile hesaplanır. d_{0i} i noktasından depoya mesafeyi, d_{0j} depodan j noktasına olan mesafeyi ve d_{ij} i’den j’ye olan mesafeyi göstermektedir.

Adım 2: Nokta kümeleri için hesaplanan s_{ij} tasarruf değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır.

Adım 3: İki nokta araç kapasite kısıtı dikkate alınarak birleştirilir. Kapasite dikkate alınarak, tasarruf değeri yüksek olan noktalar birbirine ve depoya bağlanmak amaçlanır. Aynı noktaya aynı anda iki farklı rotadan ulaşılmaz. Rota oluşturulurken, araç kapasitelerinin hepsi kullanılmaya çalışılır ama kapasite aşımı söz konusu olursa yeni rotalar oluşturulur. Algortima tasarruf sağlayamayan uygun birleşmeler olmaması halinde sonlanır.

3.3 Genetik Algoritma

Genetik algoritma Charles Darwin'in ortaya koyduğu evrim teorisini taklit ederek arama ve optimizasyon yapan bir algoritmadır. Genetik algoritma, evrim teorisindeki çevre şartlarına en iyi uyum sağlayabilen bireylerin hayatta kalması ilkesine dayalı olarak 1970'li yıllarda John Holland tarafından geliştirilmiştir (Taşkın ve Emel, 2009). John Holland'ın doktora tez öğrencisi David E. Goldberg 1989 yılında tarafından yayınlanan "Arama Optimizasyonu ve Makine Öğrenmesinde Genetik Algoritmalar" kitabı ile genetik algoritmaların kullanımı artmıştır.

Evrimsel bir algoritma olan genetik algoritma, optimizasyon problemlerinin çözümünde geniş çözüm uzayını hesaplama zamanı olarak kabul edilebilir sürede tarayarak optmale yakın çözümler bulması nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır.

Genetik algoritmanın diğer klasik optimizasyon algoritmalarından farklılıkları aşağıdaki gibidir (İşçi ve Korukoğlu, 2003):

- Genetik algoritma parametrelerle değil, parametrelerin kodlanmış halleriyle çalışır.
- Genetik algoritma, değişkenlerle değil değişken kümesine kodlanma yaparak tek bir noktadan değil, noktalar kümesinde arama yaparak yerel optimumdan kurtularak çalışır.
- Genetik algoritma doğrudan amaç fonksiyonunu kullanır.
- Genetik algoritmada deterministik yerine rassal geçiş kuralları kullanılır.

Genetik algoritma, evrim teorisini taklit ettiği için kullandığı terminoloji evrim teorisinden esinlenerek oluşturulmuştur. Doğal hayat ile genetik algorithmada kullanılan kavramlar arasındaki ilişki aşağıdaki Tablo 3.1’te gösterilmiştir:

Tablo 3.1 Genetik algoritma kavramları (Taşkın ve Emel, 2009)

Kavram	Genetik Algoritma
Kromozom	Dizi
Gen	Nitelik
Allel	Nitelik değeri
Lokus	Dizi konumu
Genotip	Yapı
Fenotip	Parametre kümesi, alternatif çözüm, deşifre edilmiş yapı
Popülasyon	Topluluk
Jenerasyon	Yeni topluluk
Ebeveyn	Anne-baba

Genetik algorithmada kromozom bir bireyi ifade eder bu da bir optimizasyon probleminde amaç fonksiyonunda yer alan değişkenlerin alacağı değerleri göstermektedir. Gen, bir kromozomdaki tek bir özelliktir. Bir bireyin kromozomu genlerden oluşur ve genler rassal olarak ebeveynlerden aktarılır. Allel, bir genin alabileceği değerdir. Lokus, bir genin kromozom içinde bulunduğu konumu göstermektedir. Genotip bir kromozon genetik yapısını ifade etmektedir ve genlerin temsil biçimi (kodlama) genotipin belirlenmesi sürecini gösterir. Fenotip, genotipin gerçek dünyadaki açıklaması yani deşifre edilmiş halidir (Cura, 2008). Popülasyon, çözümü oluşturan bireyler (kromozomlar) topluluğudur. Jenerasyon, genetik algoritma parametreleriyle ebeveynlerden oluşturulan yeni topluluktur. Ebeveyn, rassallıkla genlerini yeni jenerasyonları aktaran bireylerdir.

Genel bir genetik algoritmanın adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Başlangıç popülasyonunu rassal olarak üret.

Adım 2: Popülasyonun uygunluk değerini hesapla.

Adım 3: Yeni birey oluşturmak için seçim, çaprazlama ve mutasyon uygula.

Adım 4: Elde edilen yeni kromozomların amaç fonksiyonu değerini hesapla.

Adım 5: Durdurma koşulu sağlanana kadar Adım 3'e dön.

3.3.1 Çözümlerin Kodlanması

Bir problemin genetik algoritma ile çözümüne başlanmasının ilk adımı, probleme ait verilerin algoritmanın anlayacağı ve kullanılacağı bir dile çevrilmesi yani kodlamadır. Genetik algoritmaların kullanım alanının geniş olması nedeniyle problemi en iyi şekilde temsil edebilmesi için farklı kodlama tipleri mevcuttur. Aynı problem tipi için bile farklı kodlama sistemleri kullanılmaktadır.

Genetik algoritmalarda kullanılan genel kodlama sistemleri, ikili kodlama, sıralı kodlama, değer kodlaması ve ağaç kodlamadır.

3.3.1.1 İkili Kodlama

İkili kodlama, kromozomların 0 ve 1 değerleri kullanılarak oluşturulmasına dayanmaktadır. En yaygın olarak kullanılan kodlama şeklidir.

3.3.1.2 Sıralı (Permütasyon) Kodlama

İkili kodlama ile gösterimi zor olan özellikle gezgin satıcı ya da araç rotalama problemlerinde kullanılan kodlama yöntemidir. Kromozomdaki her bir gen, gidilecek bir noktayı temsil etmektedir. Böylece uyum değerini hesaplamakta kolaydır (Taşkın ve Emel, 2009).

3.3.1.3 Değer Kodlaması

Değer kodlaması, gerçel sayıların ya da karakterlerin kullanıldığı kodlama şeklidir.

3.3.1.4 Ağaç Kodlama

Ağaç kodlama, her kromozomun nesnelerden oluşan ağaçlar olarak gösterildiği kodlama şeklidir. Genellikle genetik programlamada kullanılmaktadır (Taşkın ve Emel, 2009).

3.3.2 Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması

Genetik algorithmada başlangıç popülasyonunu oluşturmak üzerinde genetik operatörlerin uygulanacağı kromozomların belirlenmesi demektir.

Genetik algorithmada başlangıç popülasyonu tamamen rassal oluşturulabileceği gibi başka basit sezgisel yöntemlerle elde edilen çözümlerde başlangıç popülasyonunu oluşturabilir.

3.3.3 Uygunluk Değerinin Hesaplanması

Genetik algorithmada uyum değeri genelde amaç fonksiyonuna bağlı olarak hesaplanan ve kromozomun yeni jenerasyonlara aktarımını belirleyen unsurdur. Amaç fonksiyonuna bağlı olarak (maksimizasyon ya da minimizasyon), bu değere yaklaşılan değerlere sahip kromozomların hayatta kalması ve seçilme olasılığını arttırmak için uyum değerine bakılır.

3.3.4 Seçim

Uyum değeri hesaplandıktan sonra mevcut popülasyondan bir sonra ki jenerasyon oluşturulacaktır. Seçim işlemi, mevcut popülasyondan bireyler seçerek ebeveynleri belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Burada temel hedef, mevcut popülasyondaki uyum değeri yüksek bireyleri çoğaltmaktır.

Seçim için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Genel olarak kullanılan yöntemler, rulet çemberi, turnuva, sabit durum ve sıralama yöntemidir.

3.3.4.1 Rulet Çemberi Yöntemi

Rulet çemberi yöntemi, olasılık tabanlı ebeveyn seçme yöntemidir. Bu seçim yöntemi bir kromozomun bir sonraki toplulukta yer alma olasılığı, kromozomun uygunluk değerinin topluluğun toplam uygunluk değerine oranı olarak belirlenir. Bir kromozomun rulet çemberi yöntemine göre seçilme olasılığı (3.4) ile belirlenir.

$$P_s(c_i) = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^N f_i} \quad (3.4)$$

$P_s(c_i)$ i. kromozomun seçilme olasılığı, $f_i \geq 0$ i. kromozomun uygunluk değeri ve N ise topluluk büyüklüğü göstermektedir (Satman, 2016).

Rulet tekeri, belirlenen olasılık değerlerine göre oluşturulur. Rulet tekeri N defa döndürülerek, her d nd r lmede bir kromozom eşleşme için seçilir. Daha yüksek uygunluk değerine sahip kromozomlar, rulet tekerinde daha geniş alana sahip olacağı için seçilme olasılıkları yüksektir (Taşkın ve Emel, 2009).

3.3.4.2 Turnuva Yöntemi

Turnuva yöntemi, rassal olarak seçilen iki kromozomun uygunluk değerlerine göre kıyaslanarak daha iyi uygunluk değerine sahip kromozomun seçilmesine dayanan seçim yöntemidir.

3.3.4.3 Sabit Durum Yöntemi

Sabit durum yöntemi, sadece belirli sayıda kromozomun yerini değiştirmeye dayanan bir seçim yöntemidir. Bu yöntemde bir kromozom birden fazla jenerasyonda var olma şansına sahip olabilir.

3.3.4.4 Sıralama Yöntemi

Sıralama yöntemi, kromozomlar uyum değerine göre sıralanarak, sırasına göre kromozomlara 1’den başlayarak N’e kadar değer verilir. Sıra değerine bağlı olarak yüksek uyum değerine bağlı kromozomların seçim havuzuna daha fazla kopya bırakması sağlanır. Bir sonraki aşamada havuzdan rassal seçim yapılırken yüksek uyum değerine sahip kromozomların seçim ihtimali artarken, düşük uyum değerine sahip kromozomların bir sonra ki jenerasyona taşınma ihtimali çok düşük olur.

3.3.5 Çaprazlama

Genetik algoritmada mevcut gen havuzundaki potansiyel çözümlere ulaşmak ve daha iyi uygunluk değerine sahip bireyler üretmek için çaprazlama yapılır. Seçim kriteriyle belirlenmiş ebeveynlerin çeşitli kurallar ile birleştirilip yeni bireyler üretmeye çaprazlama denir.

3.3.5.1 Tek Noktalı  aprazlama

Tek noktalı çaprazlama, ebeveyn olarak seçilen L uzunluğundaki kromozomların 1 ile L-1 arasında rassal olarak seçilen bir sayı ile belirlenen bir noktaya kadar bir

ebeveynden kalan kısmının diğ er ebeveynden alınarak yeni bir kromozom oluşturmaya denir.

3.3.5.2 İki Noktalı  aprazlama

İki noktalı çaprazlama, tek noktalı çaprazlamaya benzer fakat bu çaprazlamada 1 ile L-1 arasında iki rassal sayı belirlenir ve bu noktalara kesme noktası denir. Kesme noktaları arasındaki genler, ebeveyn kromozomlar arasında yer değıştirerek yeni bireylerin oluşturulmasıdır.

3.3.5.3 PMX  aprazlama

PMX çaprazlamada iki ebeveyn kromozomdan sadece bir adet yavru birey elde edilmektedir. Ebeveynlerden birinden rassal olarak seçilen genler, oluşturulacak yavruda aynen konumda olacak şekilde kopyalanarak diğ er genlerinde kullanılmayan değ erlerle tamamlanması şeklinde uygulanır (Taşkın ve Emel, 2009).

3.3.5.4 OX  aprazlama

OX çaprazlamada, seçilen iki ebeveyn kromozomdan izlenen sıralama korunup, diğ er ebeveynden bir alt dizi seçilerek yavru kromozomlar oluşturulur (Taşkın ve Emel, 2009).

3.3.5.5 CX  aprazlama

CX  aprazlama, seçilen iki ebeveyn kromozomdaki genlerin sırasıyla d on uş uml u olarak seçilerek iki yavru kromozomun oluşturulduğu çaprazlama t ur udur.

3.3.5.6 LOX  aprazlama

LOX  aprazlama, iki ebeveyn çiftinin    kesme noktasına b  l nerek iki noktalı çaprazlama sistemin uygulanmasında dayanmaktadır.

3.3.5.7 Ağaç  aprazlama

Ağaç  aprazlama, ağaç kodlamanın uygulandığı genetik algoritmalarda seçilen ebeveynlerden birinin genlerinin rassal seçilen kesme noktasına kadar aynen kopyalanıp, kesme noktasından sonra ki kısmının diğ er ebeveynden aynen alınarak yavru kromozom oluşturma işlemidir.

3.3.6 Mutasyon

Popülasyonda çeşitliliği arttırmak ve böylece yeni kromozomlar (çözüm değerleri) elde edebilmek için yeni jenerasyonda bireylerin genleri belirli oranda değişime uğratılmasına mutasyon denir.

Genetik algoritmalarda mutasyon bir kromozomdaki bir genin rassal olarak değiştirilmesi ile sağlanır. Örneğin ikili kodlama ile tanımlanmış bir kromozomda herhangi bir genin 0 olan değerinin 1 ile, 1 olan genin 0 ile değiştirilmesi bir mutasyondur.

3.3.7 Yeni Jenerasyonun Oluşturulması ve Durdurma Kriteri

Seçim, çaprazlama ve mutasyon işlemlerinin sonucunda yeni bir yeni jenerasyon oluşturulmuş olunur. Oluşturulan bu yeni jenerasyonun uygunluk değeri hesaplanarak döngü yeniden seçim, çaprazlama ve mutasyon ile yeni jenerasyon oluşturma olarak başlatılır.

Algoritmadaki bu döngünün sonsuz olarak devam etmesini önlemek ve bir sonuç elde etmek için döngüyü durduracak “durdurma kriteri”nin belirlenmesi gerekir. Genetik algortmada durdurma kriteri olarak kullanılan üç kriter vardır: hesaplama zamanı, iterasyon sayısı ve minimum iyileşme kriteri.

Kullanılan genetik algoritmalarından bu kriterlerden biri ya da birkaçı birlikte durdurma kriteri olarak kullanılabilir.

3.3.7.1 Hesaplama Zamanı Kriteri

Genetik algoritma oluşturulurken, algoritmanın tekrarlı olarak çalıştırılacağı maksimum bilgisayar zamanı ile durdurma kriteri belirlenebilir.

3.3.7.2 İterasyon Sayısı Kriteri

Genetik algoritma oluşturulurken, hesaplama zamanı ile benzer şekilde, algoritmanın kaç kez tekrar olarak çalıştırılacağı belirlenerek algoritmanın bu tekrar sayısına ulaştığında durdurması sağlanabilir.

3.3.7.3 Minimum İyileşme Kriteri

Minimum iyileşme durdurma kriteri ile jenerasyonlar boyunca amaç fonksiyonundaki iyileşme miktarlarının farkları hesaplanarak, iyileşmenin giderik azaldığı durumda algoritmanın durması sağlanır (Taşkın ve Emel, 2009).

KAN TEDARİK ZİNCİRİ DAĞITIM AĞI OPTİMİZASYON PROBLEMİNİN HİBRİT GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMLENMESİ

Bu bölümde, problem verilerinin sağlandığı kurum olan Türk Kızılay'ı hakkında tanıtıcı bilgiler, problemin çözümü için geliştirilen optimizasyon modeli, bu optimizasyon modelinin çözümü için önerilen sezgisel algoritma, önerilen sezgisel algoritma ile problemin çözümünden elde edilen sonuçlar ve sonuçların karşılaştırmalı analizi anlatılacaktır.

4.1 Kurum Tanıtımı

Türk Kızılay'ı 1868 tarihinde “Osmanlı Yaralı ve Hasta Askerlere Yardım Cemiyeti” ismiyle kurulmuştur. Kuruluş amacı, savaşta yaralanan veya hastalanan askerlere ayırım gözetmeksizin yardım etmektir. İsmi 1947’de “Türkiye Kızılay Derneği” olarak değiştirilmiştir. Türk Kızılay'ı, Uluslararası Kızılay ve Kızılhaç Topluluğu’nun temel ilkeleri ile hareket eder. Bu ilkeler; insani olmak, ayırım yapmamak, bağımsız hareket etmek, tarafsız olmak, hayır kurumu olmak, birlik ve evrensel olmaktır. Türk Kızılay'ı, tüzel yapıda, kar amacı gütmeyen ve yardım ve hizmetleri kamu yararına ve karşılıksız yapan bir sosyal hizmet kuruluşudur (Türk Kızılay, t.y.).

Türk Kızılay'ı sosyal refahı arttırmak, toplumsal dayanışma sağlamak, ihtiyacı olan insanlara barınma, beslenme ve sağlık konularında destek vermek amacıyla çalışmaktadır. Türk Kızılay'ının temel çalışma alanları, kan, uluslararası yardım, afet, göç ve mülteci hizmetleri, sağlık, ilk yardım, sosyal hizmetler, eğitim, gençlik ve mineralli su işletmeleridir (Türk Kızılay, t.y.b).

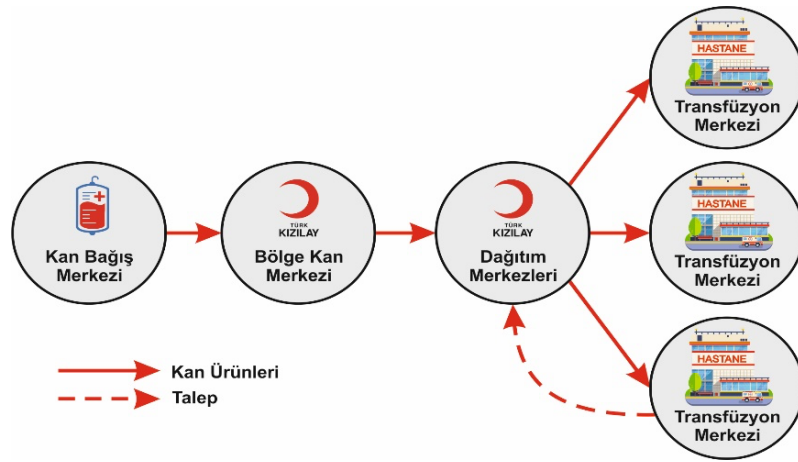
Türk Kızılay'ının toplum tarafından bilinen en önemli faaliyetlerinden biri kan hizmetleridir. 31 Mayıs 2005’te tarihli kararname ile Türkiye’de güvenli kan hizmetlerinin yönetimi ve ülke genelinde kan ihtiyacının karşılanması görevi Türk

Kızılay'ına verilmiştir. Bu çerçevede, Türk Kızılay'ı bir dönüşümle ülke genelinde bölgesel kan bankacılığı sistemini uygulamaya başlamıştır (Türk Kızılay, 2016).

Türk Kızılay'ında Kan Hizmetleri birimi kana yönelik faaliyetleri yürütmekten sorumludur. Türk Kızılay'ı, 2020 yılı sonu itibariyle 18 Bölge Kan Merkezi ve 68 Kan Bağış Merkezi ile kan hizmetlerine yönelik çalışmalarını sürdürmektedir (Türk Kızılay Kan Hizmetleri, t.y.a).

4.2 Problemin Tanımı

Türk Kızılay'ında kan tedarik zinciri, kan bağışı merkezlerinde başlar. Gönüllü bağışçılardan elde edilen tam kan bölge kan merkezlerine gönderilir. Bölge kan merkezlerinde tam kan, gerekli testler, kan ürünlerine ayrıştırma ve bu işlemlerden sonra depolanmaktadır. Bölge kan merkezlerinden belirli kan bankalarına gönderilen kan ürünleri hastanelere (transfüzyon merkezleri) araçlarla gönderilmektedir. Şekil 4.1 Türk Kızılay'ında yürütülen bu tedarik zincirini göstermektedir.



Şekil 4.1 Türk Kızılay'ı kan tedarik zinciri

Bu tez çalışmasında kan tedarik zincirinin dağıtım aşaması dikkate alınmaktadır. Hem kan tedarik zinciri literatürü incelemesinde daha az çalışılan bir aşama olması hem de Türk Kızılay'ı Kan Hizmetleri birim yöneticileri ile yapılan görüşmeler doğrultusunda bu aşama seçilmiştir.

Kan tedarik zincirinin dağıtım aşamasında gerekli testlerden ve bileşenlerine ayrılarak depolanan kan ürünlerinin, kan bankalarından hastanelere transferini ele almaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, Türk Kızılay'ından elde edilen gerçek veriler ile Orta Anadolu Bölgesi kan dağıtım ağı için hastanelerin kan bankalarına atanması ve kan bankalarından hastanelere gidecek araçların rotalarını belirleyen bir matematiksel model oluşturulmuştur. Problemimin amacı, kan bankalarından çıkacak araçların, hastanelerin kan ürünü bazında talebini ve araçların kapasite kısıtı dikkate alınarak toplam mesafenin en azlandığı rotalarını oluşturmaktır. Kan merkezinden çıkan araç, uğrayacağı hastanelerin ihtiyaçları yüklenerek çıkacak ve oluşan rota doğrultusunda hastanelere uğrayıp kan merkezine geri dönecektir.

4.3 Problemin Matematiksel Modeli

Türkiye için kan tedarik zinciri dağıtım ağını modelleyecek gerçek hayat problemini temsil edecek matematiksel modelin çok depolu, çok ürünlü bir araç rotalama probleminin (MDMPVRP) uygun olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda bir matematiksel bir model geliştirilmiştir. Matematiksel model, kan bankaları ile hastaneler arasındaki optimal rotaları ve en uygun dağıtım stratejisini belirlemektedir.

Problem çözümüne ilişkin varsayımlar ve kısıtlar şunlardır:

- Kan bankaları ve hastaneler belirlidir.
- Kan bankaları ve hastanelerin konumları bilinmektedir.
- Hastanelerin talepleri bölünmemektedir ve her hastaneye sadece bir araç atanabilir.
- Rotanın uzunluğu yasal sürüş hız ve süre kısıtları nedeniyle belirli bir mesafe ile sınırlandırılmıştır.
- Hastanelerin ürün bazında talepleri bilinmektedir ve deterministiktir.
- Hastanelerin tüm kan ihtiyaçlarının karşılanması gerekliliğinden kan bankalarının ürün bazında kapasiteleri yeterlidir.
- Kan bankalarından hastanelere kan ürünü taşıyan araçların kapasitesi bilinmektedir.

Modelde kullanılan kümeler ve indisler, parametreler ve karar değişkenleri aşağıdaki gibidir:

Kümeler ve İndisler:

$$n = \{1, 2, \dots, h\} \begin{cases} \{1, 2, \dots, m\} \text{ hastane} \\ \{m+1, m+2, \dots, h\} \text{ kan bankası} \end{cases}$$

$$v = \{1, 2, \dots, k\} \text{ araç}$$

$$P = \{1, 2, \dots, p\} \text{ kan ürünü}$$

Parametreler:

$$c_{nj} = n \text{ ve } j \text{ noktaları arasındaki mesafe}$$

$$d_{jp} = j \text{ hastanesinin } p \text{ ürününe talebi}$$

$$w_{np} = n \text{ kan merkezindeki } p \text{ ürün miktarı}$$

$$q_v = v \text{ aracının kapasitesi}$$

Karar Değişkenleri:

$$X_{njv} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } v \text{ aracı } n' \text{ den } j' \text{ ye gidiyorsa} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$$Z_{jn} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ hastanesi } n \text{ kan merkezine atanmışsa} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$$u_{njvp} = n \text{ ve } j \text{ noktasına } v \text{ aracı ile gönderilen } p \text{ ürün miktarı}$$

Probleme ait matematiksel model aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu:

$$\min z \sum_{n=1}^h \sum_{j=1}^h \sum_{v=1}^k x_{njv} c_{nj} \quad (4.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{n=1}^H \sum_{v=1}^K x_{jnv} = 1 \quad j = 1, \dots, M \text{ ve } j \neq n \quad (4.2)$$

$$\sum_{n=1}^H x_{njv} = \sum_{n=1}^H x_{jnv} \quad j = 1, \dots, H; v = 1, \dots, K \quad (4.3)$$

$$\sum_{n=M+1}^H z_{jn} = 1 \quad j = 1, \dots, M \quad (4.4)$$

$$x_{njv} \leq z_{nj} \quad n = 1, \dots, M; j = M+1, \dots, H; v = 1, \dots, K \quad (4.5)$$

$$x_{jnv} \leq z_{nj} \quad n = 1, \dots, M; j = M+1, \dots, H; v = 1, \dots, K \quad (4.6)$$

$$x_{njv} + z_{ne} + \sum_{h=M+1}^H z_{jh} \leq 2 \quad n = 1, \dots, M; j = 1, \dots, M; n \neq j; e = M + 1, \dots, H; h \neq e \quad (4.7)$$

$$\sum_{n=1}^M d_{np} \leq W_{jp} \quad j = M + 1, \dots, H; p = 1, \dots, P \quad (4.8)$$

$$\sum_{j=1}^H \sum_{v=1}^K u_{jnvp} - \sum_{j=1}^H \sum_{v=1}^K u_{njvp} = d_{np} \quad n = 1, \dots, M; p = 1, \dots, P \quad (4.9)$$

$$\sum_{p=1}^P u_{njvp} \leq Q_v x_{njv} \quad n = 1, \dots, M; j = 1, \dots, M; n \neq j; v = 1, \dots, K \quad (4.10)$$

$$\sum_{j=1}^M \sum_{v=1}^K u_{njvp} = \sum_{j=1}^M z_{jn} d_{jp} \quad n = M + 1, \dots, H; p = 1, \dots, P \quad (4.11)$$

$$\sum_{j=1}^M u_{jnvp} = 0 \quad n = M + 1, \dots, H; v = 1, \dots, K; p = 1, \dots, P \quad (4.12)$$

$$u_{njvp} \leq (Q_v - d_{np}) x_{njv} \quad n = 1, \dots, M; j = 1, \dots, H; v = 1, \dots, K; p = 1, \dots, P \quad (4.13)$$

$$u_{njvp} \geq d_{jp} x_{njv} \quad n = 1, \dots, H; j = 1, \dots, M; v = 1, \dots, K; p = 1, \dots, P \quad (4.14)$$

$$\sum_{n=M+1}^H \sum_{j=1}^M x_{njv} \leq 1 \quad v = 1, \dots, K \quad (4.15)$$

Modelin amacı (4.1), kan dağıtım ağında toplam taşıma maliyetlerini minimize etmektir. Kısıt (4.2), her noddan tek araç çıkmasını sağlarken; kısıt (4.3) turun devamlılığını sağlamak için bir noda giren aracın o noddan ayrılması gerektirir. Her bir hastanenin tek bir araçla gönderim alması kısıt (4.4) sağlanırken; aracın turunda bir hastaneye atanmadıysa uğramaması ve hastane o araca atanmadıysa hastanenin de aracı kabul etmemesi (4.5) ve (4.6) kısıtlarla gerçekleştirir. Kısıt (4.7), bir hastane bir kan merkezine atandıysa, o hastaneye o kan merkezinden gönderim alması gerektiğini gösterir. Kısıt (4.8), depo kapasite; kısıt (4.9), talep ve kısıt (4.10) araç kapasite kısıtıdır. Kan merkezinden hastanelere gereği kadar ürün gönderilmesi kısıt (4.11) ve turunu tamamlayıp kan merkezine dönen aracın boş gelmesi kısıt (4.12) ile ifade edilmiştir. Kısıt (4.13), her bir hastaneye uğradıktan sonra araç kapasitesini revize ederken, kısıt (4.14) her bir hastanede bırakılacak ürün sayısının talebi karşılamasını sağlar. Kısıt (4.15), her aracın sadece bir kan merkezine atanmasını sağlar.

4.4 Geliştirilen Hibrit Genetik Algoritma ile Problemin Çözümü

Türk Kızılay'ı için kan tedarik zinciri dağıtım ağı optimizasyonu probleminin özelliklerini yansıtan model, araç rotalama problemleri sınıflandırılmasında çok depolu çok ürünli araç rotalama problemi kapsamında yer almaktadır. Problem karmaşık yapısı, çözüm zamanından dolayı NP-zor sınıfında yer almaktadır.

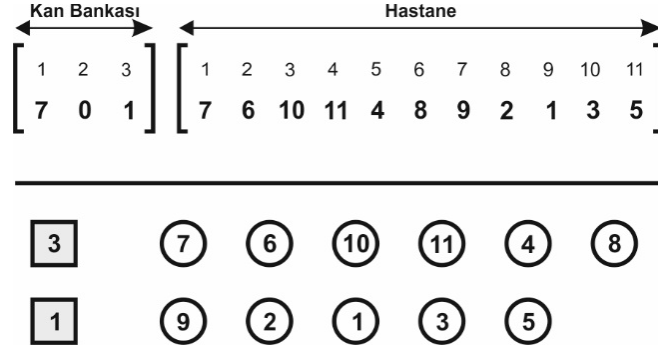
Kan tedarik zinciri dağıtım ağı optimizasyonu problemini çözmek için bir genetik algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen hibrit genetik algoritma, toplam mesafeyi minimize ederek, kan bankaları ile hastaneler arasındaki optimal rotaları belirlemektedir. Genetik algoritmanın çeşitli aşamalarında farklı sezgisel algoritmalar (en yakın komşu sezgiseli, tavlama benzetimi ve Clarke ve Wright tasarruf algoritması) kullanılarak hibrit bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma, problemin çözümü için literatüre yeni bir hibrit algoritma sunmaktadır.

Geliştirilen hibrit genetik algoritma, MATLAB programında kodlanmıştır.

Tez çalışmasının devamında geliştirilen hibrit genetik algoritmanın adımları detaylı olarak anlatılacaktır. Geliştirilen algoritma, gerçek hayat verisi ile çalıştırılarak çözümler oluşturulacaktır.

4.4.1 Çözümün Gösterimi

Geliştirilen hibrit genetik algortmada çözümü temsil eden kromozomun gösterimi için literatürde yapılmış çalışmalar incelenmiş ve performansları karşılaştırılmıştır. Prins, Prodhon ve Calvo (2006) ve Karaoglan ve Altıparmak (2015) çalışmalarından uyarlanan aşağıdaki Şekil 4.2'deki gösteriminin problem yapısına uygun olduğuna karar verilmiştir.



Şekil 4.2 Örnek kromozom gösterimi (Karaoglan ve Altıparmak, 2015)

3 depo ve 11 müşteriden oluşan bir problemde, ilk kısımda (7 0 1) hangi depo açılmış ve hangi depoya hangi müşteriler atanmış bunu göstermektedir. Bu örnek için Depo2' ye karşılık gelen değer 0' dır yani Depo2 açılmamıştır yani hiç müşteri atanmamıştır. Kalan depolar için 1'den başlayarak okunmaktadır. Depo3' ün değeri 1, ardından gelen sayı ile 7 Depo1' e aittir. Yani Depo3, 1' den 6' ya kadar sıralanmış müşterilere hizmet verecek (7 – 6 – 10 – 11 – 4 – 8); Depo1 ise 7' den son sıraya kadar hizmet verecektir (9 – 2 – 1 – 3 – 5).

4.4.2 Problem Verilerinin MS Excel Üzerinden Okunması

Türk Kızılay'ından elde edilen kan merkezi ve hastane bilgileri dikkate alınarak, Google Maps üzerinden kan merkezi ve hastaneler arasındaki mesafe hesaplanarak 122x122'lik bir mesafe matrisi MS Excel üzerinde oluşturuldu. Türk Kızılay'ından alınan verilerle hazırlanan hastane talepleri, kan merkezi kapasiteleri ve araç kapasitelerinden MS Excel' de matrisler oluşturuldu. Oluşturulan bu matrislerin MATLAB aracılığıyla okunması sağlandı.

4.4.3 Geliştirilen Hibrit Genetik Algoritma Parametrelerinin Belirlenmesi

Geliştirilen hibrit genetik algoritmanın çözümünde kullanılacak parametreler aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Popülasyon büyüklüğü = 12
- Çaprazlama oranı = 0.85
- Mutasyon oranı = 0.10
- Elit birey sayısı = yuvarla (popülasyon büyüklüğü*0.10) = 1
- Tavlama-bitiş sıcaklığı = 0.0001
- Tavlama-başlama sıcaklığı = 150

- Tavlama – soğutma oranı = 0.90

4.4.1 Adım 1: Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması

Geliştirilen hibrit genetik algorithmada, başlangıç popülasyonu üç farklı şekilde oluşturulan bireylerden oluşmaktadır.

Başlangıç popülasyonunu oluşturmada kullanılan yaklaşımlar aşağıda açıklanmıştır.

4.4.1.1 En Yakın Komşu Sezgiseli – Kapasiteler Dikkate Alınarak

Her bir kan merkezi kapasiteleri sırayla doldurularak en yakın mesafedeki hastaneler kan bankalarına atandı.

Örneğin, 1. birey için Ankara-Konya-Çorum sırasıyla en yakın mesafedeki hastaneler kan bankalarına atandı. 2. birey için Konya – Ankara – Çorum sırası takip edildi. Bu şekilde 6 birey elde edildi.

4.4.1.2 Rassal Başlangıç Çözüm

Mesafelere ya da kapasitelere bakılmaksızın hastaneler kan bankalarına rassal olarak atanarak bireyler oluşturuldu.

4.4.1.3 En Yakın Komşu Sezgiseli – Kapasiteler Dikkate Alınmadan

Her bir kan merkezine atanacak hastane sayısı rassal olarak belirlendikten sonra en yakın mesafedeki hastaneler ilgili kan bankaya atanarak bireyler oluşturuldu.

4.4.2 Adım 2: Uygunluk Fonksiyonu Değerinin Değerlendirilmesi

Geliştirilen hibrit genetik algorithmada, her bir bireyin uygunluk fonksiyon değeri Bellman-Ford algoritması kullanılarak hesaplandı (Prins, 2004). Bellman-Ford algoritması graf üzerinde en kısa yolu hesaplayan bir algorithmadır. Bellman-Ford algoritması bir hedefe doğru gidilecek en kısa yolu bulmak amacıyla bütün düğümleri dolaşır ve dolaştıktan sonra aralarında karşılaştırma yapar. Bu algorithmada düğümleri en kısa yoldan başlamak yerine, bütün düğümleri tek tek rassal bir şekilde gezer (Atay ve Seçgin). Bellman-Ford algoritmasının adımları aşağıda verilmiştir (Boğar, 2016):

Adım 1 Başlangıç düğümüne 0 değeri atanır, diğer düğümler için maliyet ∞ kabul edilir.

Adım 2 Tüm ayrıtlar bir kural olmaksızın sıralanır.

Adım 3 Her bir düğümün değeri, kendisine gelinceye kadar olan en kısa yol uzunluğu dikkate alınarak negatif değerli ayrıtlar da skaler olarak toplanarak sürekli güncellenir.

Adım 4 Hedef düğüme ulaşıldığında algoritma sonlandırılır.

Uygun olmayan çözümleri popülasyonun dışında tutmak için ceza maliyeti (penalty cost) yansıtıldı. Ceza maliyeti uygulanırken, eğer bir kan merkezinin kapasitesi aşıldıysa, aşılan miktar kadar uygunluk değerine ceza maliyeti eklendi.

4.4.3 Adım 3: Yeni Popülasyonu Oluşturma

Bu adımda, mevcut çözümünden sonra genetik operatörler kullanılarak sonraki jenerasyonları oluşturularak yeni aday çözümlerin belirlenmesi sağlanır.

4.4.3.1 Seçim

Geliştirilen hibrit genetik algorithmada, yeni jenerasyonu oluşturacak aday çözümlerin “ebeveynlerin” seçimi için Rulet Çemberi Seçim mekanizması tercih edilmiştir.

4.4.3.2 Çaprazlama

Geliştirilen hibrit genetik algorithmada, Rulet Çemberi Seçim yöntemi ile seçilen ebeveyn kromozomlar (çözümler) Karaoğlan ve Altıparmak (2015)’ın çalışmaları dikkate alınarak, kromozomun ilk parçası için tek noktalı çaprazlama kullanılırken; ikinci parça için 2-noktalı çaprazlama operatörü kullanılmaktadır (ORDER crossover OX).

4.4.3.3 Mutasyon

Genetik algorithmada mutasyon, bir sonra ki nesilde çeşitliliği arttırmak için üretilen yeni bireylerde kullanılan bir operatördür. Geliştirilen hibrit genetik algorithmada SWAP- ikili yer değiştirme mutasyon operatörü olarak kullanılmıştır.

Bu operatör ile rassal olarak iki hastane seçilerek birbirleriyle yer değiştirilmektedir.

Şekil 4.3'te geliştirilen hibrit genetik algorithmada kullanılan çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin örnek gösterimi yer almaktadır.



Şekil 4.3 Örnek çaprazlama ve mutasyon gösterimi (Karaoglan ve Altıparmak, 2015)

4.4.4 Adım 4: Çözümleme (Decoding)

Geliştirilen hibrit genetik algorithmada, bu aşamada kullanılan algortima ile uygun olmayan (infeasible) çözümler uygun hale getirilmeye çalışılır. Bu adımda, kapasitesi aşılan kan bankalarına atanan son hastane uygun kan bankalarına mesafeler de dikkate alınarak transfer edilir.

Bu süreç kapasite kısıtı aşılan kan merkezi kalmayıncaya kadar sürdürülür. Bazı durumlarda, fazlalık olan hastaneye uygun kan merkezi bulunamayabilir –talep miktarlarında dolayı- bu durumlarda çözüm olabildiğince düzeltilir, zaten amaç fonksiyonunda ceza maliyeti eklediğimizi için orada kötü çözüm olduğu için gelecek popülasyonlara aktarılmaz.

Aşağıda geliştirilen hibrit genetik algorithmada kullanılan çözümleme algoritması yer almaktadır (Karaoglan ve Altıparmak, 2015):

Adım 1 Açılan kan bankalarını ve açılan kan bankalarına atanan hastaneleri belirle

Adım 2 Kromozomun her iki parçası kullanılarak kan bankaları açılır ve hastaneler kan merkezi kapasiteleri dikkate alınmadan kan bankalarına ata.

Adım 3. Hastane atamalarını kontrol et. Tüm hastanelerin kan bankalarına atanması gerektiği unutulmamalıdır. Kan merkezi durum bölümü “1” indeksini içermelidir. Bu gerekliliği kontrol et ve içermiyorsa onar.

Adım 4. Her bir kan merkezi için optimal rotaları elde et. Kan merkezi kapasite kısıtlamaları nedeniyle hastanelerin kan bankalarına atanması başarısız olursa, son hastane kan merkezinden çıkarılır ve kullanılabilir kapasitesi olan bir kan merkezine atanır.

Adım 5. Hastanelerin kan bankalarına uygun şekilde atanmasından sonra, en uygun rotalar, Prins (2004) tarafından araç rotalama problemi için önerilen yol bölümlene prosedürünün değiştirilmiş versiyonu kullanılarak elde edilir.

Adım 6. Amaç fonksiyonu değerini hesapla ve ilk başlangıç uygun çözüme dön.

4.4.5 Adım 5: Elit Stratejisini (Elitizm)Uygulama

Seçim, çaprazlama ve mutasyon işlemleri sonrasında yığında bulunan en iyi uygunluğa sahip birey sonraki yığına aktarılamayabilir. Bunu önlemek için bir önceki yığının en iyi (elit) bireyi, yeni yığındaki herhangi bir birey ile değiştirilerek bir sonra ki jenerasyonda yer alması sağlanır.

Geliştirilen hibrit genetik algortmada kullanılan elitizm kriteri aşağıdaki eşitlik (4.16) ile belirlenir:

$$\text{Elit birey sayısı} = \text{yuvarla} (\text{popülasyon büyüklüğü} * 0.10) \quad (4.16)$$

4.4.5.1 Tavlama Benzetimi

Geliştirilen hibrit genetik algortmada, lokal aramayı güçlendirmek için her iterasyonda bulunan en iyi çözüm (elit çözüm) tavlama benzetimi algoritmasına gönderilir ve bu çözümün etrafındaki iyi çözümlere ulaşmak amaçlanmaktadır.

Geliştirilen hibrit genetik algortma için “Temel Tavlama Benzetimi” algoritması kullanılmıştır. Algoritmada kullanılan tavlama benzetimi algoritmasının sözde (pseudo) kodu aşağıdaki gibidir (Gözüdel ve Akçayol, 2008):

Begin

 Başlangıç çözümü seç

 Başlangıç sıcaklığı seç (t=100)

```

Sıcaklık azaltım fonksiyonu belirle
repeat
    repeat
        Yeni bir komşu çözüm üret
        if (yeni - eski) < 0 then yeni çözümü seç
        else begin
            [0,1] aralığında rassal sayı üret (r)
            if r < ( 1 / (exp(abs(yeni - eski)/t) ) then yeni çözümü seç
        end
    until iterasyon sayısına kadar
    t = f(t);
until (t < 0) veya uygun çözüm bulununcaya kadar
End

```

4.4.6 Adım 6: Clarke ve Wright Tasarruf Algoritmasının Uygulama

Clarke ve Wright tasarruf algoritması, 3. Bölümde açıklandığı üzere araç rotalama problemlerini çözmek için geliştirilen sezgisel yaklaşımlardan biridir.

Clarke ve Wright tasarruf algoritması, geliştirilen hibrit genetik algorithmada yerel arama için kullanılmaktadır. Geliştirilen algorithmada kullanılan Clarke ve Wright tasarruf algoritmasının adımları aşağıda sunulmuştur (Clarke ve Wright, 1964):

Adım 1 Başlangıç çözümü: n aracın her biri bir müşteriye hizmet vermektedir.

Adım 2 Tüm i ve j , $i \neq j$, düğüm çiftleri için, $[i, j]$ ayrıtlarını birleştiren döngülerin tasarrufları (4.17) ile hesapla:

$$S_{ij} = c_{0i} + c_{0j} - c_{ij} \quad (4.17)$$

Adım 3 Tasarrufları (S_{ij}) büyükten küçüğe sırala.

Adım 4 En büyük tasarrufa sahip ikiliden başlanmak üzere, kenarlar alt tur oluşturmayacak ve aynı düğümden ikiden fazla geçiş olmayacak biçimde eklenir. Eğer,

- a) (i,j) ayrıtlındaki düğümler farklı döngülere ait ise
- b) aracın maksimum kapasitesi aşılmadıysa

c) i ve j kendi döngülerinde ilk ya da son müşteri ise

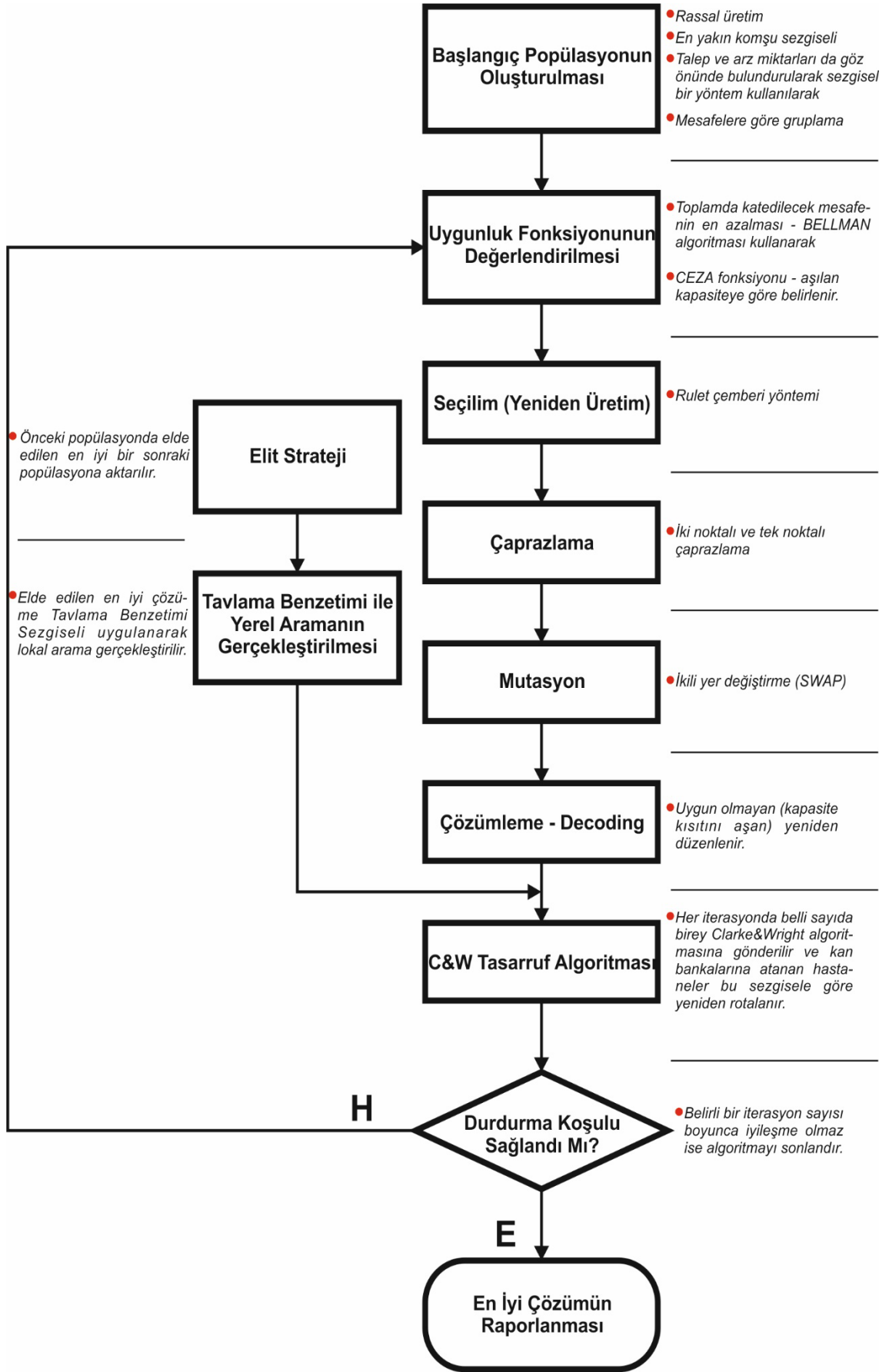
Adım 5 Tasarruf listesi bitene kadar veya kapasiteler daha fazla birleştirmeye izin vermeyene kadar 4' ü tekrarlayın.

4.4.7 Adım 7: Algoritmayı sonlandırma

Algoritmanın durması veya devam etmesini sağlayan adımdır. Geliştirilen hibrit genetik algoritma için 3 farklı kriter durdurma koşulu olarak belirlenmiştir:

- Eğer 300 iterasyon boyunca iyileşme olmazsa DUR,
- 275 iterasyon boyunca iyileşme miktarı 10' dan küçükse DUR ya da
- Maksimum iterasyon sayısına (800) ulaşıldıysa DUR.

Aşağıdaki Şekil 4.4'te önerilen hibrit genetik algoritmanın genel gösterimi yer almaktadır:



Şekil 4.4 Önerilen hibrit genetik algortima

4.5 Kan Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Probleminin Çözümü

Türk Kızılayı bölgeselleşme politikası çerçevesinde Türkiye’yi kan bölgelerine ayırarak kan tedarik zincirini yönetmektedir. Bu tez çalışması kapsamında, Orta Anadolu Bölgesi (Şekil 4.5) verileri göz önüne alınarak kan dağıtım ağı modellenmiştir. Orta Anadolu Bölgesi’ne ait gerçek veriler Türk Kızılayı’ndan elde edilmiştir. Problem setleri için yıllık hastane ihtiyaçları ve yıllık kan merkezi kapasiteleri ürün bazında elde edilmiştir. Türk Kızılayı’ndan edinilen bilgiler ışığında, Orta Anadolu Bölgesi’nde yer alan 3 kan merkezi ve 119 hastanelenin birbirleri arasındaki mesafe Google Maps üzerinden çıkarılmıştır.



Şekil 4.5 Türk Kızılayı Orta Anadolu Kan Bölgesi

Problemin 122x122 büyüklüğünde bir mesafe matrisi ile çalışması GAMS gibi optimizasyon paket programı ile çözüm bulmasını zaman ve bilgisayar hafıza kapasitesi açısından mümkün kılmamaktadır. Bu nedenle, modelin verileri öncelikle küçük büyüklükte bir veri (12 hastane ve 3 kan merkezi) ile GAMS paket programında çözüm bulunmuş; daha sonra aynı veriler için geliştirilen hibrit genetik algoritma ile çözüm aranmıştır. Geliştirilen hibrit genetik algoritmanın hem sonuç hem de zaman açısından optimizasyon modeli ile kıyaslanması sonucunda

başarısı ortaya konarak, ana problemin verileri geliştirilen hibrit genetik algortima ile çalıştırılarak kan bankaları ile hastaneler arasındaki araç rotaları kan ürünleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Uygulamanın son kısmında da, geliştirilen hibrit genetik algoritmanın başarısını ortaya koymak için ana problem için temel genetik algoritma ile hibrit genetik algoritmanın elde ettiği sonuçlar ve bu sonuçların elde edilme süreleri kıyaslanmıştır.

Bu çalışmada, optimizasyon modelinin çözümünde GAMS paket programı ve hibrit genetik algoritmanın kodlanmasında MATLAB kullanılmıştır.

4.5.1 Kan Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Probleminin Küçük Büyüklükteki Veri Seti için GAMS ile Çözümü

Türk Kızılayı ile yapılan görüşmeler, incelenen yönergeler ve çalışmalar doğrultusunda oluşturulan kan tedarik zincirini dağıtım ağına ait matematiksel model Bölüm 4.3' te açıklanmıştır. Bu model ile kan dağıtım ağı, mesafeleri minimize edecek şekilde kan bankaları ile hastaneler arasındaki araç rotalarının oluşturulması amaçlanmaktadır.

Bu bir optimizasyon problemi olduğu için, kesin sonuç veren yöntemlerle sonuca gitmek öncelikli hedeftir. Fakat araç rotalama problemlerinin NP-zor problem yani polinom zamanda çözümü zor problemler kategorisinde yer alması ve bu çalışmadaki problem özelinde gerçek verilerle çalışılacağı için veri sayısının fazlalılığı mevcut optimizasyon paket programları ile çözümü zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, geliştirilen matematiksel model küçük bir veri seti ile optimizasyon paket programında (GAMS) kodlanarak çalıştırılmıştır.

Kullanılan veri seti, 12 hastane 3 kan merkezinden oluşmaktadır. Aşağıdaki Tablo 4.1'de küçük veri seti için dikkate alınan hastaneler ile kan bankarı arasındaki mesafeler gösterilmektedir:

Tablo 4.1 Küçük veri seti için hastaneler ve kan bankaları arası mesafeler

	Ermene k İ.D.H.	Karama n D.H.	Çankı rı D.H.	Akşehi r İ.D.H.	Beyşeh ir D.H.	Kony a E. A.H.	Kulu D. H.	Necmetti n Erbakan Ü.T.F.H.	Kırıkkal e Ü.H.	Çoru m E.A.H. .	Sungurl u D.H.	Ankar a Güve n H.	ANKAR A K.M.	ÇORU M K.M.	KONY A K.M.
Ermenek İ.D.H.	0	157	555	331	233	200	347	204	454	616	545	460	465	614	206
Karaman D.H.	158	0	472	248	195	118	264	121	372	509	446	376	370	508	122
Çankırı D.H.	569	473	0	396	358	363	208	364	102	162	102	137	135	160	358
Akşehir İ.D.H.	344	248	397	0	133	136	198	133	305	467	396	253	255	500	131
Beyşehir D.H.	219	193	358	133	0	4,5	0,1 5	6,6	257	419	348	261	339	515	96,9
Konya E.A.H.	214	117	364	137	4,7	0	156	4	263	429	354	266	272	428	6,7
Kulu D.H.	361	265	208	198	0,15	155	0	156	108	274	198	110	116	272	148
Necmetti n Erbakan Ü.T.F.H.	217	123	363	136	6,2	3,7	155	0	262	429	353	266	271	428	8,7

Tablo 4.1 Küçük veri seti için hastaneler ve kan bankaları arası mesafeler (devamı)

	Ermene k İ.D.H.	Karama n D.H.	Çankı rı D.H.	Akşehi r İ.D.H.	Beyşeh ir D.H.	Kony a E. A.H.	Kul u D. H.	Necmetti n Erbakan Ü.T.F.H.	Kırıkkal e Ü.H.	Çoru m E.A.H .	Sungurl u D.H.	Ankar a Güve n H.	ANKAR A K.M.	ÇORU M K.M.	KONY A K.M.
Kırıkkal e Ü.H.	468	372	101	328	257	262	107	263	0	176	100	71	63,4	171	255
Çorum D.H.	638	522	162	499	427	432	278	433	176	0	75,7	246	229	4,4	416
Sungurl u D.H.	563	452	102	423	352	357	202	358	100	76,2	0	171	163	71,6	350
Ankara Güven H.	522	374	136	255	259	264	110	265	73,2	248	173	0	5,8	244	257
ANKAR A K.M.	471	375	134	256	340	270	115	270	63,1	231	163	5,7	0	233	263
ÇORUM K.M.	627	508	160	493	514	427	272	427	170	3,7	72,6	248	233	0	420
KONYA K.M.	211	122	358	132	92,5	6,6	148	8,6	255	417	349	257	263	420	0

Aşağıdaki Tablo 4.2’de küçük veri seti için dikkate alınan hastanelerin kan ürünü bazında yıllık talepleri gösterilmektedir:

Tablo 4.2 Küçük veri seti için hastanlerin kan ürünü bazında talepleri

	Trombosit	Eritrosit	Donmuş Plazma
Ermenek İlçe Devlet Hastanesi	0	373	0
Karaman Devlet Hastanesi	2	3567	0
Çankırı Devlet Hastanesi	0	2389	1000
Akşehir İlçe Devlet Hastanesi	0	1274	2
Beyşehir Devlet Hastanesi	0	647	800
Konya Eğitim Ve Araştırma Hastanesi	413	9508	384
Kulu Devlet Hastanesi	0	76	0
Necmettin Erbakan Üni. Tıp Fakültesi Hastanesi	1349	63	7487
Kırıkkale Üniversitesi Hastanesi	111	3438	121
Çorum Eğitim Ve Araştırma Hastanesi	387	6819	1168
Sungurlu Devlet Hastanesi	0	470	0
Ankara Güven Hastanesi	11	4810	2245

Aşağıdaki Tablo 4.3’de küçük veri seti için kan merkezlerinin kan ürünü bazında yıllık kapasiteleri gösterilmektedir:

Tablo 4.3 Küçük veri seti için kan merkezlerinin kan ürünü bazında kapasiteleri

	Trombosit	Eritrosit	Donmuş Plazma
Ankara Kan Merkezi	2033	25786	11296
Çorum Kan Merkezi	1589	5882	1183
Konya Kan Merkezi	3597	11884	10775

Bu veriler ile GAMS programında matematiksel model çalıştırıldığında elde edilen sonuç tablosu aşağıdaki Şekil 4.6’da gösterilmiştir:

```
Proven optimal solution.

MIP Solution:      1803.550000 (8057409 ite
Final Solve:      1803.550000 (0 iteratio

Best possible:      1803.550000
Absolute gap:        0.000000
Relative gap:        0.000000

--- Restarting execution
--- 12+3.gms(110) 3 Mb
--- Reading solution for model LRP
--- 12+3.gms(110) 4 Mb
--- Executing after solve: elapsed 0:31:50.381 |
```

Şekil 4.6 Küçük veri seti için GAMS sonuç ekranı

Elde edilen amaç fonksiyonu değeri 1803,55 km’dir. Oluşan araç rotaları aşağıdaki gibidir:

Ankara Kan Merkezi

1. Araç – Kulu Devlet Hastanesi, Beyşehir Devlet Hastanesi, Ermenek İlçe Devlet Hastanesi, Karaman Devlet Hastanesi, Akşehir İlçe Devlet Hastanesi.
2. Araç – Ankara Güven Hastanesi.
3. Araç – Sungurlu Devlet Hastanesi, Çorum Devlet Hastanesi.
4. Araç – Kırıkkale Üniversite Hastanesi, Çankırı Devlet Hastanesi.

Çorum Kan Merkezi

Hiçbir hastaneye gönderim yapılmamaktadır.

Konya Kan Merkezi

1. Araç – Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesi.
2. Araç - Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi.

4.5.2 Kan Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Probleminin Geliştirilen Hibrit Genetik Algoritma ile Çözümü

4. Bölüm içinde belirtilen nedenlerden dolayı Orta Anadolu Bölgesi kan dağıtım ağının, polinom zamanda çözümü zor problemler kategorisinde yer alması ve bu çalışmadaki problem özelinde gerçek verilerle çalışılacağı için veri sayısının büyüklüğü nedeniyle, optimize edilmesi için geliştirilen bir hibrit genetik algoritma önerilmiştir. Önerilen hibrit genetik algoritma, öncelikle GAMS paket programında çözümlenen küçük veri seti (12 hastane ve 3 kan merkezi) ile çalıştırılarak sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen başarılı sonuçlar doğrultusunda geliştirilen algoritma gerçek problem verileriyle çalıştırılıp sonuçlar elde edilmiştir.

4.5.2.1 Kan Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Probleminin Küçük Veri Seti için Geliştirilen Hibrit Genetik Algoritma ile Çözümü

Bölüm 4.5.1’de verilen küçük veri setine ait Tablo 4.1, Tablo 4.2 ve Tablo 4.3’teki veriler ile geliştirilen hibrit genetik algoritma MATLAB’da çalıştırılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.7 küçük veri seti için çalıştırılan MATLAB ana ekranını göstermektedir:

COST =

1.8035e+03

ANK =

9	3	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	10	0	0	0	0	0	0	0	0
7	5	1	2	4	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COR =

[]

KON =

6	0
8	0

Şekil 4.8 Küçük veri seti için MATLAB sonuç ekranı

Ermenek İlçe Devlet Hastanesi 1, Karaman Devlet Hastanesi 2, Çankırı Devlet Hastanesi 3, Akşehir İlçe Devlet Hastanesi 4, Beyşehir Devlet Hastanesi 5, Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesi 6, Kulu Devlet Hastanesi 7, Necmettin Erbakan Üni. Tıp Fakültesi Hastanesi 8, Kırıkkale Üniversitesi Hastanesi 9, Çorum Eğitim Ve Araştırma Hastanesi 10, Sungurlu Devlet Hastanesi 11 ve Ankara Güven Hastanesi 12 ile gösterilmektedir. Bu durumda oluşan araç rotaları şöyledir:

Ankara Kan Merkezi

1. Araç – Kırıkkale Üniversite Hastanesi, Çankırı Devlet Hastanesi.
2. Araç – Ankara Güven Hastanesi.
3. Araç – Sungurlu Devlet Hastanesi, Çorum Devlet Hastanesi.
4. Araç – Kulu Devlet Hastanesi, Beyşehir Devlet Hastanesi, Ermenek İlçe Devlet Hastanesi, Karaman Devlet Hastanesi, Akşehir İlçe Devlet Hastanesi.

Çorum Kan Merkezi

Hiçbir hastaneye gönderim yapılmamaktadır.

Konya Kan Merkezi

1. Araç – Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesi.
2. Araç - Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi.

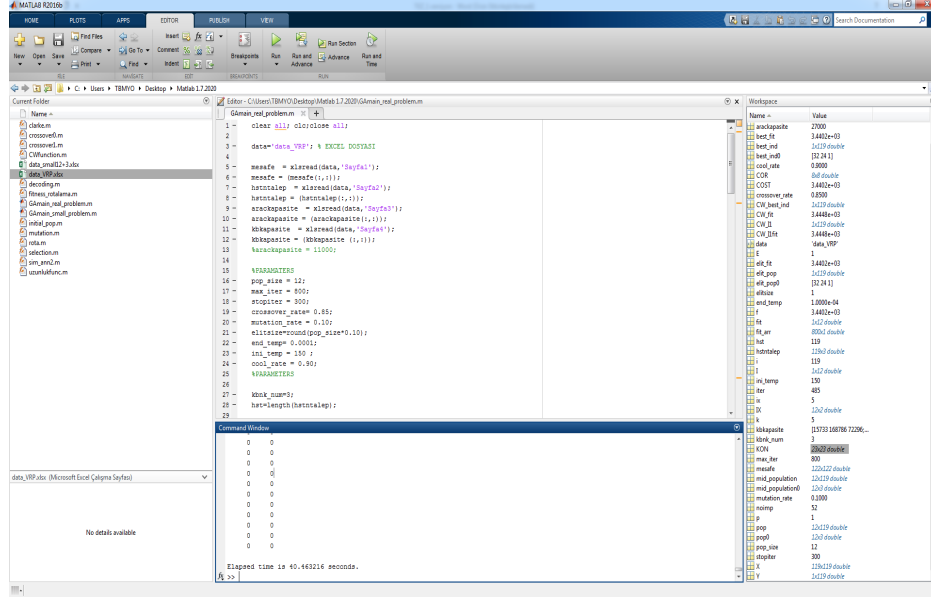
Küçük veri seti için geliştirilen hibrit genetik algoritma ile elde edilen sonuç optimal sonuçla aynıdır. Bu da geliştirilen algoritmanın başarısını göstermektedir.

4.5.2.2 Kan Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Probleminin Büyük Veri Seti için Geliştirilen Hibrit Genetik Algoritma ile Çözümü

Bu bölümde, Türk Kızılayı'ndan elde edilen Orta Anadolu Bölgesi verileri ile geliştirilen hibrit genetik algoritma çalıştırılarak elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Türk Kızılayı tarafından bölgeselleşme prensibi doğrultusunda oluşturulan Orta Anadolu Bölgesi'nde 119 hastane ve bu hastanelere kan ürünü gönderimi yapan 3 kan merkezi bulunmaktadır. Ek A'da, algortimanın çözüm üretmesinde kullanılan hastanelerin kan ürünü bazında yıllık talepleri, 122x122'lik hastane ve kan merkezleri arasındaki mesafeyi gösteren kare matris ve kan merkezlerinin kan ürününün bazında yıllık kapasiteleri yer almaktadır.

Bu veriler ile çalıştırılan MATLAB ana ekranını aşağıdaki Şekil 4.9'da gösterilmiştir:



Şekil 4.9 Problem verileri ile çalıştırılan MATLAB ekranı

Problem verileri ile MATLAB'ın 10 kere çalıştırılması sonucu elde edilen amaç fonksiyonu değerleri ve minimum sonuca ulaşma süreleri aşağıdaki Tablo 4.5'te gösterilmiştir:

Tablo 4.5 Gerçek veri setinin geliştirilen hibrit genetik algoritma ile 10 kez çalıştırılması sonucunda elde edilen amaç fonksiyonu değerleri ve çözüm süreleri

Deneme	Amaç Fonksiyonu Değeri	İşlem Süresi (saniye)
1	3405,7	71,443519
2	3594,9	40,347216
3	3539,4	58,566903
4	3416,2	65,576040
5	3424,2	67,768362
6	3438,8	38,653368
7	3515,9	36,926676
8	3415,6	67,952982
9	3429,9	83,873839
10	3400,4	59,242379

5. Araç – Dr. Zekai Tahir Burak Kadın Sağlığı Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara Ulus Devlet Hastanesi, Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi.
6. Araç – Özel Natomed Hastanesi, Çankaya Yaşam Hastanesi, Çankaya Hastanesi, Tobb Etü Hastanesi, Liv Hospital Ankara, Akay Hastanesi, Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi, Kudret International Hospital, Dr. Abdurrahman Yurtaslan Ankara Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi.
7. Araç – Ankara Çocuk Sağlığı Hastalıkları Hastanesi, Dr. Sami Ulus Eğitim Araştırma Hastanesi, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi
8. Araç – Akropol Hastanesi, Memorial Ankara Hastanesi, Özel 100. Yıl Hastanesi, Özel Koru Ankara Hastanesi, Tobb Etü Hastanesi, Kazan Hamdi Eriş Devlet Hastanesi, Bayındır Hastanesi, Özel Medicana International Hastanesi, Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi.
9. Araç – Özel Keçiören Hastanesi, Ankara Meslek Hastalıkları Hastanesi, Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Atatürk Göğüs Hastalıkları Hastanesi, Lokman Hekim Hastanesi Etlik, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Etlik Zübeyde Hanım Kadın Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi.
10. Araç – Ankara Gazi Mustafa Kemal Devlet Hastanesi, Özel Bilgi Hastanesi, Medical Park Ankara Hastanesi, Yenimahalle Devlet Hastanesi, Özel Eryaman Hastanesi, Özel Koru Sincan Hastanesi, Özel Etimed Hastanesi, Etimesgut Devlet Hastanesi, Sait Ertürk Devlet Hastanesi, Beytepe Asker Hastanesi, Lösante Hastanesi, Haymana Devlet Hastanesi, Polatlı Can Hastanesi, Duatepe Devlet Hastanesi, Yunak Hacı İzzet Baysal Devlet Hastanesi, Akşehir Devlet Hastanesi, Hüyük Devlet Hastanesi, Bozkır İlçe Devlet Hastanesi, Hadim İlçe Devlet Hastanesi, Ermenek İlçe Devlet Hastanesi, Karaman Devlet Hastanesi, Karaman Selçuklu Hastanesi, Özel Karaman Mümine Hatun Hastanesi, Ereğli İlçe Devlet Hastanesi, Karapınar Devlet Hastanesi, Cihanbeyli Devlet Hastanesi, Kulu Devlet Hastanesi, Şereflikoçhisar Devlet Hastanesi, Gölbaşı Hasvak Devlet Hastanesi, Acıbadem Ankara Hastanesi, Ortadoğu 19 Mayıs Hastanesi, 29 Mayıs Devlet Hastanesi, Hrs Ankara Kadın Hastalıkları Hastanesi, Ankara Güven Hastanesi.

Çorum Kan Merkezi

1. Araç – Özel Çorum Hastanesi, Osmancık Devlet Hastanesi, Atıf Hoca Devlet Hastanesi, Sungurlu Devlet Hastanesi, Alaca Devlet Hastanesi, Çorum Bölge Göğüs Hastalıkları Hastanesi, Çorum Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Elitpark Hastanesi.

Konya Kan Merkezi

1. Araç – Konya Farabi Hastanesi, Konya Beyhekim Devlet Hastanesi, Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Sarayönü Devlet Hastanesi, Kadınhanı Devlet Hastanesi, Dr. Vefa Tanır Ilgın Devlet Hastanesi, Seydişehir Devlet Hastanesi, Çumra Devlet Hastanesi, Konya Numune Hastanesi, Dr. Faruk Sükan Kadın Doğum Ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi, Beyşehir Devlet Hastanesi, Konya Hospital.

2. Araç – Medicana Konya Hastanesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Medline Konya, Başkent Üniversitesi Konya Uygulama Araştırma Hastanesi.

3. Araç – Kızılay Derneği Özel Ticaret Borsası Hastanesi, Mevlana Üniversitesi Hastanesi, Özel Akademi Hastanesi, Özel Konya Anıt Hastanesi, Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Özel Konya Selçuklu Hastanesi, Özel Büyükşehir Hastanesi.

Elde edilen rotalar incelendiğinde Ankara Kan Merkezinden 10 araç ile 88 hastaneye, Çorum Kan Merkezinden 1 araçla, 8 hastaneye ve Konya Kan Merkezinden 3 araç ile 23 hastaneye kan ürünü gönderimi yapılmaktadır. Oluşturalan rotalarda en çok hastaneye uğranan tur, 34 hastane ile Ankara Kan Merkezinden çıkan 10 numaralı aracın turudur.

4.5.3 Çözümlerin Karşılaştırılması

Geliştirilen hibrit genetik algoritmanın küçük veri setinde GAMS ile elde edilen optimizasyon sonucuna yakınsadığı ve bilgisayar süresindeki iyileşme aşağıdaki Tablo 4.6'daki gibidir:

Tablo 4.6 12+3'lük küçük veri seti için sonuçların karşılaştırılması

	GAMS ile çözüm	Hibrit genetik algoritma ile çözüm
Elde edilen sonuç	1803,55	1803,55
Çözüm süresi	31 dakika 50 saniye	2 saniye

Geliştirilen hibrit genetik algoritmanın çözüm performansının, optimizasyon sonucu ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi tüm verilerin çalıştırıldığı modelde mümkün değildir. Bu nedenle, geliştirilen hibrit genetik algoritmanın performansının gösterilmesi gerçek problem verileri aynı parametrelere sahip genetik algoritma ile çözümler üretilmiştir.

Aşağıdaki Tablo 4.7'de problem verilerinin genetik algoritma ile 10 kere çalıştırılması sonucunda elde çözümler ve çözümlerin elde edilme zamanları yer almaktadır:

Tablo 4.7 Genetik algoritma ile elde edilen sonuçlar

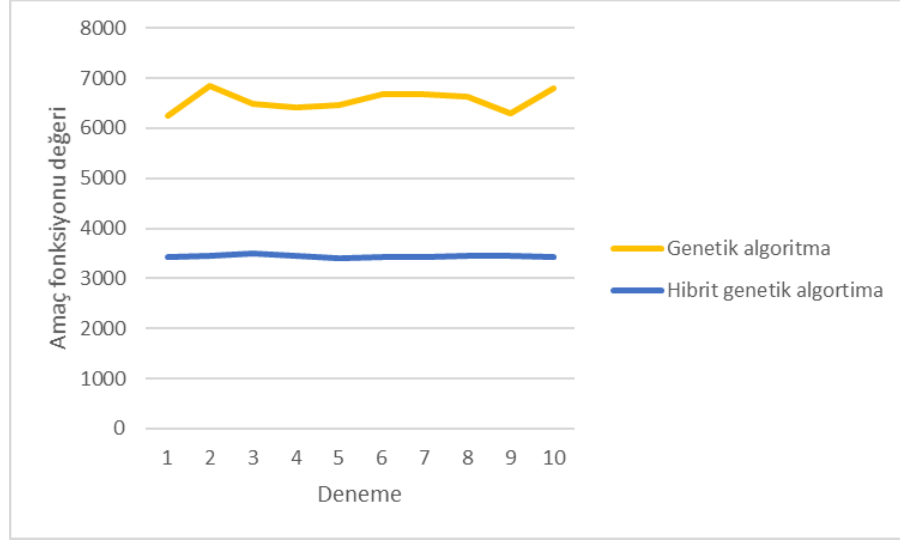
Deney No	Amaç Fonksiyonu Değeri	CPU süresi (sn)
1	6248,1	25,7
2	6848,4	22,2
3	6499,4	20,1
4	6422,8	32,8
5	6466,5	19,9
6	6684,6	25,6
7	6675,4	23,1
8	6637,8	26,5
9	6306,1	22,4
10	6802,9	18,0

Aşağıdaki Tablo 4.8’de problem verilerinin hibrit genetik algoritma ile 10 kere çalıştırılması sonucunda elde çözümler ve çözümlerin elde edilme zamanları yer almaktadır:

Tablo 4.8 Hibrit genetik algoritma ile elde edilen sonuçlar

Deney No	Amaç Fonksiyonu Değeri	CPU süresi (sn)
1	3430,5	89,3
2	3442,4	71,2
3	3496,7	75,4
4	3456,7	66,8
5	3400,4	87,3
6	3429,9	83,8
7	3417,8	58,4
8	3457,7	41,1
9	3441,5	67,2
10	3433,0	81,6

Genetik algoritma ile geliştirilen hibrit genetik algoritmanın ürettiği 10 deneme için sonuçların grafiksel gösterimi aşağıda Şekil 4.11’de gösterilmiştir:



Şekil 4.11 Genetik algoritma- hibrit genetik algoritma karşılaştırması

Aynı parametrelerle çalıştırıldığında geliştirilen hibrit genetik algoritmanın, genetik algorithmadan daha iyi sonuçları ürettiği görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, kan tedarik zincirinin dağıtım aşaması için gerçek hayat problemi için tam sayılı doğrusal programlama modeli ve metasezgisel algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmada genetik algoritma çerçevesinde, tavlama benzetimi ve Clarke ve Wright tasarruf algoritması kullanılmıştır.

Geliştirilen matematiksel model ve algoritma, kan bankalarından hastanelere kan ürünlerinin en optimal maliyette ve zamanda ulaştırılabilmesi için en uygun dağıtım ağının ve en uygun rotanın belirlenmesini sağlamaktadır.

Bozulabilir bir ürün olan kanın ve kan ürünlerinin çok ürünlü ve çok depolu bir dağıtım ağından depo kapasite, talep ve araç kapasite kısıtları dikkate alınarak araç rotalarının oluşturulması ve bunun tavlama benzetimi ve Clarke ve Wright tasarruf algoritması ile hibritlenmiş bir genetik algoritma ile yapılması bu çalışmanın farklılığı sağlamaktadır.

Geliştirilen hibrit algoritma, Türk Kızılay'ından Orta Anadolu Bölgesi için elde edilen kan merkezi ve hastane bilgileri doğrultusunda 3 depolu ve 119 hastaneli bir veri büyüklüğü için çalıştırılmıştır. Bu büyüklükte bir veri için geliştirilen tamsayılı doğrusal programlama modeli çalışamayacağı için, 12 hastane ve 3 kan merkezinden oluşan örnek problem için GAMS programında çalıştırılmıştır. Aynı küçük problem, geliştirilen hibrit genetik algoritma ile MATLAB programında çalıştırılarak; bu örnek problem için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen hibrit genetik algoritmanın optimal sonuç veren modelle yakın sonuçlar oluşturduğu ve bunu kısa sürede yaptığı gözlemlenmiştir.

122 noktalı büyük problem için algoritmanın başarısı GAMS ile test edilemediği için, basit genetik algoritma ile elde edilen sonuçlarla kıyaslanarak ortaya konmuştur. Bu durumda da algoritmanın daha iyi sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir.

Geliştirilen hibrit genetik algoritma ve matematiksel model ile ilgili yapılabilecek gelecek çalışmalar ve öneriler şunlardır:

- Bu çalışmada geliştirilen tam sayılı doğrusal programlama modeli ve meta-sezgisel algoritma, benzer ağ yapısındaki problemlerin çözümünde kullanılabilir.
- Hastanelerin kan ürünü talebinin bölünerek farklı araçlarla gönderiminin yapıldığı durumlar incelenebilir.
- Hastanelerin kan ürünü talebin belirsiz olduğu ya da acil gönderim durumlarının da dikkate alındığı koşullar incelenebilir ve geliştirilen yöntemlerde bu durumlar dikkate alınabilir.
- İhtiyaç duyulması durumunda yeni bankalarının açılması veya kapanması durumları incelenebilir.

- Abbasi, B. ve Hosseinifard, S. Z. (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 & Industrial Engineering*, 78, 259-270.
- Alfonso, E., Augusto, V. ve Xie, X. (2015). Mathematical programming models for annual and weekly bloodmobile collection planning. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 12(1), 96-105.
- Alfonso, E., Xie, X., Augusto, V. ve Garraud, O. (2012). Modeling and simulation of blood collection systems. *Health Care Management Science*, 15(1), 63-78.
- Alfonso, E., Xie, X., Augusto, V. ve Garraud, O. (2013). Modelling and simulation of blood collection systems: improvement of human resources allocation for better cost-effectiveness and reduction of candidate donor abandonment. *Vox Sanguinis*, 104(3), 225-233.
- Alshamrani, A., Mathur, K. ve Ballou, R. H. (2007). Reverse logistics: simultaneous design of delivery routes and returns strategies. *Computers & Operations Research*, 34(2), 595-619.
- An, M. W., Reich, N. G., Crawford, S. O., Brookmeyer, R., Louis, T. A. ve Nelson, K. E. (2011). A stochastic simulator of a blood product donation environment with demand spikes and supply shocks. *PloS ONE*, 6(7), e21752.
- Arnaboldi, M. ve Lapsley, I. (2005). Activity based costing in healthcare: a UK case study. *Research in Healthcare Financial Management*, 10(1), 61-76.
- Atay, C. ve Seçgin, S. (2016). Kablosuz algılayıcı ağlarda, yönlendirme algoritmalarının performans analizi. XVIII. Akademik Bilişim Konferansı, 30 Ocak - 5 Şubat 2016, Aydın.
- Ayan, T. Y. (2009). Kaynak kısıtlı çoklu proje programlama problemi için tavlama benzetimi algoritması. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(2), 101-118.
- Baesler, F., Nemeth, M., Martínez, C. ve Bastías, A. (2014). Analysis of inventory strategies for blood components in a regional blood center using process simulation. *Transfusion*, 54(2), 323-330.
- Bagot, K. L., Masser, B. M., Starfelt, L. C. ve White, K. M. (2016). Building a flexible, voluntary donation panel: an exploration of donor willingness. *Transfusion*, 56(1), 186-194.

- Bar-Lev, S. K., Boxma, O., Kleiner, I., Perry, D. ve Stadje, W. (2017). Recycled incomplete identification procedures for blood screening. *European Journal of Operational Research*, 259(1), 330-343.
- Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi. (t.y.). *Bağışlanan kandan elde edilen ürünler*. 20.01.2021 tarihinde, <https://ankara.baskenthastaneleri.com/tr/tani-tedavi-birimlerimiz/kan-merkezi/bagislanan-kandan-elde-edilen-urunler> adresinden erişildi.
- Beliën, J. ve Forcé, H. (2012). Supply chain management of blood products: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 217(1), 1-16.
- Bentahar, O., Benzidia, S. ve Fabbri, R. (2016). Traceability project of a blood supply chain. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 17(1), 15-25.
- Blake, J. T. ve Hardy, M. (2013). Using simulation to evaluate a blood supply network in the Canadian maritime provinces. *Journal of Enterprise Information Management*, 26(1/2), 119-134.
- Blake, J. T. ve Hardy, M. (2014). A generic modelling framework to evaluate network blood management policies: The Canadian Blood Services experience. *Operations Research for Health Care*, 3(3), 116-128.
- Blake, J. T., Hardy, M., Delage, G. ve Myhal, G. (2013). Déjà-vu all over again: using simulation to evaluate the impact of shorter shelf life for red blood cells at Héma-Québec. *Transfusion*, 53(7), 1544-1558.
- Blake, J., Heddle, N., Hardy, M. ve Barty, R. (2010). Simplified platelet ordering using shortage and outdate targets. *Int J Health Plann Manage*, 1, 144-156.
- Blake, J., McTaggart, K. ve Hardy, M. (2015). Modelling a blood distribution network in the Prairies with a generic simulation framework. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 53(4), 194-210.
- Boğar, E. (2016). *Tek ve çok amaçlı robot yol planlama problemi için hibrit bir optimizasyon yöntemi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Boonyanusith, W. ve Jittamai, P. (2019). Blood supply chain risk management using house of risk model. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 16(8), 573-591.
- Bosnes, V., Aldrin, M. ve Heier, H. E. (2005). Predicting blood donor arrival. *Transfusion*, 45(2), 162-170.
- Brennan, J. E., Golden, B. L. ve Rappoport, H. K. (1992). Go with the flow: improving Red Cross bloodmobiles using simulation analysis. *Interfaces*, 22(5), 1-13.
- Brodheim, E., Derman, C. ve Prastacos, G. (1975). On the evaluation of a class of inventory policies for perishable products such as blood. *Management Science*, 21(11), 1320-1325.
- Brodheim, E. ve Prastacos, G. P. (1979). The Long Island blood distribution system as a prototype for regional blood management. *Interfaces*, 9(5), 3-20.

- Bruno, G., Diglio, A., Piccolo, C. ve Cannavacciuolo, L. (2019). Territorial reorganization of regional blood management systems: Evidences from an Italian case study. *Omega*, 89, 54-70.
- Carden, R. ve DelliFraine, J. L. (2006). An examination of blood center structure and hospital customer satisfaction: what can centralized and decentralized blood centers learn from each other?. *Health Marketing Quarterly*, 22(3), 21-42.
- Cerveny, R. P. (1980). An application of warehouse location techniques to bloodmobile operations. *Interfaces*, 10(6), 88-96.
- Cetin, E. ve Sarul, L. S. (2009). A blood bank location model: A multiobjective approach. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2(1), 112-124.
- Chaiwuttisak, P., Smith, H., Wu, Y., Potts, C., Sakuldamrongpanich, T. ve Pathomsiri, S. (2016). Location of low-cost blood collection and distribution centres in Thailand. *Operations Research for Health Care*, 9, 7-15.
- Chapman, J. (2007). Unlocking the essentials of effective blood inventory management. *Transfusion*, 47, 190S-196S.
- 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.
- Chazan, D. ve Gal, S. (1977). A Markovian model for a perishable product inventory. *Management Science*, 23(5), 512-521.
- Civelek, I., Karaesmen, I. ve Scheller-Wolf, A. (2015). Blood platelet inventory management with protection levels. *European Journal of Operational Research*, 243(3), 826-838.
- Clarke, G. ve Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12(4), 568-581.
- Clay, N. M., Abbasi, B., Eberhard, A. ve Hearne, J. (2018). On the volatility of blood inventories. *International Transactions in Operational Research*, 25(1), 215-242.
- Cohen, M. A. (1976). Analysis of single critical number ordering policies for perishable inventories. *Operations Research*, 24(4), 726-741.
- Cohen, M. A. ve Pierskalla, W. P. (1979). Target inventory levels for a hospital blood bank or a decentralized regional blood banking system. *Transfusion*, 19(4), 444-454.
- Cohen, M. A., Pierskalla, W. P. ve Sasseti, R. J. (1983). The impact of adenine and inventory utilization decisions on blood inventory management. *Transfusion*, 23(1), 54-58.

- Cohen, M. A., Pierskalla, W. P., Sassetti, R. J. ve Consolo, J. (1979). An overview of a hierarchy of planning models for regional blood bank management. *Transfusion*, 19(5), 526-534.
- Coustasse, A., Meadows, P., Hall III, R. S., Hibner, T. ve Deslich, S. (2015). Utilizing radiofrequency identification technology to improve safety and management of blood bank supply chains. *Telemedicine and e-Health*, 21(11), 938-945.
- Critchfield, G. C., Connelly, D. P., Ziehwein, M. S., Olesen, L. S., Nelson, C. E. ve Scott, E. P. (1985). Automatic prediction of platelet utilization by time series analysis in a large tertiary care hospital. *American Journal of Clinical Pathology*, 84(5), 627-631.
- Cumming, P. D., Kendall, K. E., Pegels, C. C., Seagle, J. P. ve Shubsda, J. F. (1976). A collections planning model for regional blood suppliers: description and validation. *Management Science*, 22(9), 962-971.
- Cura, T. (2008). *Modern sezgisel teknikler ve uygulamaları*. Papatya Yayıncılık Eğitim.
- Custer, B., Johnson, E. S., Sullivan, S. D., Hazlet, T. K., Ramsey, S. D., Hirschler, N. V., ... Busch, M. P. (2004). Quantifying losses to the donated blood supply due to donor deferral and miscollection. *Transfusion*, 44(10), 1417-1426.
- Custer, B., Johnson, E. S., Sullivan, S. D., Hazlet, T. K., Ramsey, S. D., Murphy, E. L. ve Busch, M. P. (2005). Community blood supply model: development of a new model to assess the safety, sufficiency, and cost of the blood supply. *Medical Decision Making*, 25(5), 571-582.
- Çakır, B. (2006). *Stokastik işlem zamanlı montaj hattı dengeleme için tavlama benzetimi algoritması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Çavuşoğlu, H., Güneş, N. B. ve Pars, H. (2015). Kan ürünleri ve güvenli kan transfüzyonu. *Türkiye Klinikleri Hemşirelik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 49-57.
- Davis, R., Geiger, B., Gutierrez, A., Heaser, J. ve Veeramani, D. (2009). Tracking blood products in blood centres using radio frequency identification: a comprehensive assessment. *Vox Sanguinis*, 97(1), 50-60.
- De Kort, W. L. A. M., Wagenmans, E., Van Dongen, A., Slotboom, Y., Hofstede, G. ve Veldhuizen, I. (2010). Blood product collection and supply: a matter of money?. *Vox Sanguinis*, 98(3p1), e201-e208.
- Delen, D., Erraguntla, M., Mayer, R. J. ve Wu, C. N. (2011). Better management of blood supply-chain with GIS-based analytics. *Annals of Operations Research*, 185(1), 181-193.
- Denesiuk, L., Richardson, T., Nahirniak, S. ve Clarke, G. (2006). Implementation of a redistribution system for near-outdate red blood cell units. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 130(8), 1178-1183.

- Deuermeyer, B. L. (1979). A multi-type production system for perishable inventories. *Operations Research*, 27(5), 935-943.
- Diabat, A., Jabbarzadeh, A. ve Khosrojerdi, A. (2019). A perishable product supply chain network design problem with reliability and disruption considerations. *International Journal of Production Economics*, 212, 125-138.
- Dillon, M., Oliveira, F. ve Abbasi, B. (2017). A two-stage stochastic programming model for inventory management in the blood supply chain. *International Journal of Production Economics*, 187, 27-41.
- Doerner, K. F., Gronalt, M., Hartl, R. F., Kiechle, G. ve Reimann, M. (2008). Exact and heuristic algorithms for the vehicle routing problem with multiple interdependent time windows. *Computers & Operations Research*, 35(9), 3034-3048.
- Duan, Q. ve Liao, T. W. (2013). A new age-based replenishment policy for supply chain inventory optimization of highly perishable products. *International Journal of Production Economics*, 145(2), 658-671.
- Duan, Q. ve Liao, T. W. (2014). Optimization of blood supply chain with shortened shelf lives and ABO compatibility. *International Journal of Production Economics*, 153, 113-129.
- Dumas, M. B. ve Rabinowitz, M. (1977). Policies for reducing blood wastage in hospital blood banks. *Management Science*, 23(10), 1124-1132.
- Düzakın, E. ve Demircioğlu, M. (2009). Araç rotalama problemleri ve çözüm yöntemleri. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(1).
- Elalouf, A., Hovav, S., Tsadikovich, D. ve Yedidsion, L. (2015). Minimizing operational costs by restructuring the blood sample collection chain. *Operations Research for Health Care*, 7, 81-93.
- Ensafian, H. ve Yaghoubi, S. (2017). Robust optimization model for integrated procurement, production and distribution in platelet supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 103, 32-55.
- Erickson, M. L., Champion, M. H., Klein, R., Ross, R. L., Neal, Z. M. ve Snyder, E. L. (2008). Management of blood shortages in a tertiary care academic medical center: the Yale-New Haven Hospital frozen blood reserve. *Transfusion*, 48(10), 2252-2263.
- Ezugwu, A. E., Olusanya, M. O. ve Govender, P. (2019). Mathematical model formulation and hybrid metaheuristic optimization approach for near-optimal blood assignment in a blood bank system. *Expert Systems with Applications*, 137, 74-99.
- Fahimnia, B., Jabbarzadeh, A., Ghavamifar, A. ve Bell, M. (2017). Supply chain design for efficient and effective blood supply in disasters. *International Journal of Production Economics*, 183, 700-709.

- Fazli-Khalaf, M., Khalilpourazari, S. ve Mohammadi, M. (2019). Mixed robust possibilistic flexible chance constraint optimization model for emergency blood supply chain network design. *Annals of Operations Research*, 283,1079-1109.
- Federgruen, A., Prastacos, G. ve Zipkin, P. H. (1986). An allocation and distribution model for perishable products. *Operations Research*, 34(1), 75-82.
- Fereiduni, M. ve Shahanaghi, K. (2016). A robust optimization model for blood supply chain in emergency situations. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 7(4), 535-554.
- Ferguson, E. (1996). Predictors of future behaviour: A review of the psychological literature on blood donation. *British Journal of Health Psychology*, 1(4), 287-308.
- Folléa, G., (2013). Blood supply management (RBC): definitions, description as a process, tools for assessment and improvement. *ISBT Science Series*, 8(1), 37-40.
- Fontaine, M. J., Chung, Y. T., Erhun, F. ve Goodnough, L. T. (2010). Age of blood as a limitation for transfusion: potential impact on blood inventory and availability. *Transfusion*, 50(10), 2233-2239.
- Fontaine, M. J., Chung, Y. T., Rogers, W. M., Sussmann, H. D., Quach, P., Galel, S. A., ... Erhun, F. (2009). Improving platelet supply chains through collaborations between blood centers and transfusion services. *Transfusion*, 49(10), 2040-2047.
- Fortsch, S. M. ve Khapalova, E. A. (2016). Reducing uncertainty in demand for blood. *Operations Research for Health Care*, 9, 16-28.
- Frankfurter, G. M., Kendall, K. E. ve Pegels, C. C. (1974). Management control of blood through a short-term supply-demand forecast system. *Management Science*, 21(4), 444-452.
- Friedman, B. A., Abbott, R. D. ve Williams, G. W. (1982). A blood ordering strategy for hospital blood banks derived from a computer simulation. *American Journal of Clinical Pathology*, 78(2), 154-160.
- Galloway, M. J., Jane, G., Sudlow, L., Trattles, J. ve Watson, J. (2008). A tabletop exercise to assess a hospital emergency blood management contingency plan in a simulated acute blood shortage. *Transfusion Medicine*, 18(5), 302-307.
- Georgsen, J. ve Kristensen, T. (1998). From serological to computer crossmatching in nine hospitals. *Vox Sanguinis*, 74(S2), 419-425.
- Ghandforoush, P. ve Sen, T. K. (2010). A DSS to manage platelet production supply chain for regional blood centers. *Decision Support Systems*, 50(1), 32-42.

- Glynn, S. A., Busch, M. P., Schreiber, G. B., Murphy, E. L., Wright, D. J., Tu, Y., ... NHLBI REDS Study Group. (2003). Effect of a national disaster on blood supply and safety: the September 11 experience. *Jama*, 289(17), 2246-2253.
- Godin, G., Conner, M., Sheeran, P., Bélanger-Gravel, A. ve Germain, M. (2007). Determinants of repeated blood donation among new and experienced blood donors. *Transfusion*, 47(9), 1607-1615.
- Godin, G., Sheeran, P., Conner, M., Germain, M., Blondeau, D., Gagne, C., ... Naccache, H. (2005). Factors explaining the intention to give blood among the general population. *Vox Sanguinis*, 89(3), 140-149.
- Goh, C. H., Greenberg, B. S. ve Matsuo, H. (1993). Two-stage perishable inventory models. *Management Science*, 39(5), 633-649.
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning*. Addison Wesley, MA, USA.
- Gözüdel, Y. ve Akcayol, M. A. (2008). XML veritabanı için tavlama benzetimi ile sorgu optimizasyonu. *International Journal of InformaticsTechnologies*, 1(1).
- Grant, D. B. (2010). Integration of supply and marketing for a blood service. *Management Research Review*, 33(2), 123-133.
- Grasas, A., Ramalhinho, H., Pessoa, L. S., Resende, M. G., Caballé, I. ve Barba, N. (2014). On the improvement of blood sample collection at clinical laboratories. *BMC Health Services Research*, 14(1), 12.
- Gunpinar, S. ve Centeno, G. (2015). Stochastic integer programming models for reducing wastages and shortages of blood products at hospitals. *Computers & Operations Research*, 54, 129-141.
- Güler, V. ve Armağan, E. (2003). Kan ve kan ürünleri. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 12, 421-423.
- Gülsün, B., Tuzkaya, G. ve Bildik, E. (2008). Reverse logistics network design: a simulated annealing approach. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 26(1), 68-80.
- Güner, E. ve Altıparmak, F. (2003). İki ölçütlü tek makinalı çizelgeleme problemi için sezgisel bir yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(3).
- Habibi-Kouchaksaraei, M., Paydar, M. M. ve Asadi-Gangraj, E. (2018). Designing a bi-objective multi-echelon robust blood supply chain in a disaster. *Applied Mathematical Modelling*, 55, 583-599.
- Haeri, A., Hosseini-Motlagh, S. M., Ghatreh Samani, M. R. ve Rezaei, M. (2019). A mixed resilient-efficient approach toward blood supply chain network design. *International Transactions in Operational Research*, 00, 1-40. <https://doi.org/10.1111/itor.12714>

- Haijema, R., van der Wal, J. ve van Dijk, N. M. (2007). Blood platelet production: Optimization by dynamic programming and simulation. *Computers & Operations Research*, 34(3), 760-779.
- Haijema, R., van Dijk, N., van der Wal, J. ve Sibinga, C. S. (2009). Blood platelet production with breaks: optimization by SDP and simulation. *International Journal of Production Economics*, 121(2), 464-473.
- Halim, S. ve Yoanita, L. (2015). Adjusted clustering Clarke-Wright Saving Algorithm for two depots-N vehicles. In *2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, December, 270-274.
- Hamdan, B. ve Diabat, A. (2019). A two-stage multi-echelon stochastic blood supply chain problem. *Computers & Operations Research*, 101, 130-143.
- Hamdan, B. ve Diabat, A. (2020). Robust design of blood supply chains under risk of disruptions using Lagrangian relaxation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 134, 101764.
- Heddle, N. M., Liu, Y., Barty, R., Webert, K. E., Whittaker, S., Gagliardi, K., ... Owens, W. (2009). Factors affecting the frequency of red blood cell outdates: an approach to establish benchmarking targets. *Transfusion*, 49(2), 219-226.
- Hemmelmayr, V., Doerner, K. F., Hartl, R. F. ve Savelsbergh, M. W. (2009). Delivery strategies for blood products supplies. *OR spectrum*, 31(4), 707-725.
- Hemmelmayr, V., Doerner, K. F., Hartl, R. F. ve Savelsbergh, M. W. (2010). Vendor managed inventory for environments with stochastic product usage. *European Journal of Operational Research*, 202(3), 686-695.
- Hosseini-fard, Z. ve Abbasi, B. (2018). The inventory centralization impacts on sustainability of the blood supply chain. *Computers & Operations Research*, 89, 206-212.
- Hosseini-Motlagh, S. M., Larimi, N. G. ve Nejad, M. O. (2020). A qualitative, patient-centered perspective toward plasma products supply chain network design with risk controlling. *Operational Research*, 1-46.
- Hosseini-Motlagh, S. M., Samani, M. R. G. ve Cheraghi, S. (2019). Robust and stable flexible blood supply chain network design under motivational initiatives. *Socio-Economic Planning Sciences*, 100725.
- Hosseini-Motlagh, S. M., Samani, M. R. G. ve Homaei, S. (2019). Blood supply chain management: robust optimization, disruption risk, and blood group compatibility (a real-life case). *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-20.
- İşçi, Ö. ve Korukoğlu, S. (2003). Genetik algoritma yaklaşımı ve yöneylem araştırmasında bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 191-208.

- Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B. ve Seuring, S. (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, 225-244.
- Jacobs, D. A., Silan, M. N. ve Clemson, B. A. (1996). An analysis of alternative locations and service areas of American Red Cross blood facilities. *Interfaces*, 26(3), 40-50.
- Jagannathan, R. ve Sen, T. (1991). Storing crossmatched blood: a perishable inventory model with prior allocation. *Management Science*, 37(3), 251-266.
- Jemai, J. ve Sarkar, B. (2019). Optimum design of a transportation scheme for healthcare supply chain management: the effect of energy consumption. *Energies*, 12(14), 2789.
- Jennings, J. B. (1973). Blood bank inventory control. *Management Science*, 19(6), 637-645.
- Jørgensen, P., Jacobsen, P. ve Poulsen, J. H. (2013). Identifying the potential of changes to blood sample logistics using simulation. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 73(4), 279-285.
- Kamp, C., Heiden, M., Henseler, O. ve Seitz, R. (2010). Management of blood supplies during an influenza pandemic. *Transfusion*, 50(1), 231-239.
- Karaoglan, I. ve Altiparmak, F. (2015). A memetic algorithm for the capacitated location-routing problem with mixed backhauls. *Computers & Operations Research*, 55, 200-216.
- Kaspi, H. ve Perry, D. (1983). Inventory systems of perishable commodities. *Advances in Applied Probability*, 15(3), 674-685.
- Katsaliaki, K. (2008). Cost-effective practices in the blood service sector. *Health Policy*, 86(2-3), 276-287.
- 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, K., Mustafee, N. ve Kumar, S. (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.
- 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.
- Kendall, K. E. ve Lee, S. M. (1980). Formulating blood rotation policies with multiple objectives. *Management Science*, 26(11), 1145-1157.
- Khalilpourazari, S. ve Khamseh, A. A. (2019). Bi-objective emergency blood supply chain network design in earthquake considering earthquake magnitude: a comprehensive study with real world application. *Annals of Operations Research*, 283:355–393.

- Kirkpatrick, S. (1984). Optimization by simulated annealing: quantitative studies. *Journal of Statistical Physics*, 34(5-6), 975-986.
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D. ve Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing. *Science*, 220(4598), 671-680.
- Kopach, R., Balcioğlu, B. ve Carter, M. (2008). Tutorial on constructing a red blood cell inventory management system with two demand rates. *European Journal of Operational Research*, 185(3), 1051-1059.
- Laporte, G. (1992). The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59(3), 345-358.
- Larimi, N. G. ve Yaghoubi, S. (2019). A robust mathematical model for platelet supply chain considering social announcements and blood extraction technologies. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106014.
- Li, Y. C. ve Liao, H. C. (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.
- Lowalekar, H. ve Ravichandran, N. (2010). Model for blood collections management. *Transfusion*, 50(12pt2), 2778-2784.
- Lowalekar, H. ve Ravichandran, N. (2011). A model for blood components processing. *Transfusion*, 51(7pt2), 1624-1634.
- Lowalekar, H. ve Ravichandran, N. (2014). Blood bank inventory management in India. *Opsearch*, 51(3), 376-399.
- Masoumi, A. H., Yu, M. ve Nagurney, A. (2017). Mergers and acquisitions in blood banking systems: A supply chain network approach. *International Journal of Production Economics*, 193, 406-421.
- Melnyk, S. A., Pagell, M., Jorae, G. ve Sharpe, A. S. (1995). Applying survival analysis to operations management: Analyzing the differences in donor classes in the blood donation process. *Journal of Operations Management*, 13(4), 339-356.
- Mobasher, A., Ekici, A. ve Özener, O. Ö. (2015). Coordinating collection and appointment scheduling operations at the blood donation sites. *Computers & Industrial Engineering*, 87, 260-266.
- Morgan, S. J., Rackham, R. A., Penny, S., Lawson, J. R., Walsh, R. J. ve Ismay, S. L. (2015). Business continuity in blood services: two case studies from events with potentially catastrophic effect on the national provision of blood components. *Vox Sanguinis*, 108(2), 151-159.
- Mustafee, N., Taylor, S. J., Katsaliaki, K. ve Brailsford, S. (2009). Facilitating the analysis of a UK national blood service supply chain using distributed simulation. *Simulation*, 85(2), 113-128.
- Nagurney, A., Masoumi, A. H. ve Yu, M. (2012). Supply chain network operations management of a blood banking system with cost and risk minimization. *Computational Management Science*, 9(2), 205-231.

- Nahmias, S. (1982). Perishable inventory theory: a review. *Operations Research*, 30(4), 680-708.
- Nahmias, S. ve Pierskalla, W. P. (1976). A two-product perishable/nonperishable inventory problem. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 30(3), 483-500.
- Novis, D. A., Renner, S., Friedberg, R., Walsh, M. K. ve Saladino, A. J. (2002). Quality indicators of blood utilization: three College of American Pathologists Q-Probes studies of 12 288 404 red blood cell units in 1639 hospitals. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 126(2), 150-156.
- Or, I. ve Pierskalla, W. P. (1979). A transportation location-allocation model for regional blood banking. *AIIE Transactions*, 11(2), 86-95.
- Osorio, A. F., Brailsford, S. C. ve Smith, H. K. (2015). A structured review of quantitative models in the blood supply chain: a taxonomic framework for decision-making. *International Journal of Production Research*, 53(24), 7191-7212.
- Osorio, A. F., Brailsford, S. C., Smith, H. K., Forero-Matiz, S. P. ve Camacho-Rodríguez, B. A. (2017). Simulation-optimization model for production planning in the blood supply chain. *Health Care Management Science*, 20(4), 548-564.
- Ördekçi, S. (2006). Kan ve kan ürünleri transfüzyonu. *Bakırköy Tıp Dergisi*, 2, 113-122.
- Özener, O. Ö., Ekici, A. ve Çoban, E. (2019). Improving blood products supply through donation tailoring. *Computers & Operations Research*, 102, 10-21.
- Pegels, C. C. ve Jelmert, A. E. (1970). An evaluation of blood-inventory policies: a Markov chain application. *Operations Research*, 18(6), 1087-1098.
- Pegels, C. C., Seagle, J. P., Cumming, P. C., Kendall, K. E. ve Shubsda, J. F. (1977). An analysis of selected blood service policy changes. *Medical Care*, 15(2), 147-157.
- Pereira, A. (2005). Blood inventory management in the type and screen era. *Vox Sanguinis*, 89(4), 245-250.
- Pereira, A. (2006). Economies of scale in blood banking: a study based on data envelopment analysis. *Vox Sanguinis*, 90(4), 308-315.
- Perera, G., Hyam, C., Taylor, C. ve Chapman, J. F. (2009). Hospital blood inventory practice: the factors affecting stock level and wastage. *Transfusion Medicine*, 19(2), 99-104.
- Pi, D., Shih, A. W., Sham, L., Zamar, D., Roland, K. ve Hudoba, M. (2019). Establishing performance management objectives and measurements of red blood cell inventory planning in a large tertiary care hospital in British Columbia, Canada. *ISBT Science Series*, 14(2), 226-238.
- Pierskalla, W. P. (2005). Supply chain management of blood banks. In *Operations research and health care* (pp. 103-145). Springer, Boston, MA.

- Pierskalla, W. P. ve Roach, C. D. (1972). Optimal issuing policies for perishable inventory. *Management Science*, 18(11), 603-614.
- Pitocco, C. ve Sexton, T. R. (2005). Alleviating blood shortages in a resource-constrained environment. *Transfusion*, 45(7), 1118-1126.
- Prastacos, G. P. (1978). Optimal myopic allocation of a product with fixed lifetime. *Journal of the Operational Research Society*, 29(9), 905-913.
- Prastacos, G. P. (1981). Allocation of a perishable product inventory. *Operations Research*, 29(1), 95-107.
- Prastacos, G. P. (1984). Blood inventory management: an overview of theory and practice. *Management Science*, 30(7), 777-800.
- Prastacos, G. P. ve Brodheim, E. (1980). PBDS: a decision support system for regional blood management. *Management Science*, 26(5), 451-463.
- Price, W. L. ve Turcotte, M. (1986). Locating a blood bank. *Interfaces*, 16(5), 17-26.
- Prins, C. (2004). A simple and effective evolutionary algorithm for the vehicle routing problem. *Computers & operations research*, 31(12), 1985-2002.
- Prins, C., Prodhon, C. ve Calvo, R. W. (2006, April). A memetic algorithm with population management (MA| PM) for the capacitated location-routing problem. In *European Conference on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization* (pp. 183-194). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Rabinowitz, M. (1973). Blood bank inventory policies: a computer simulation. *Health Services Research*, 8(4), 271.
- Rajendran, S. ve Ravindran, A. R. (2019). Inventory management of platelets along blood supply chain to minimize wastage and shortage. *Computers & Industrial Engineering*, 130, 714-730.
- Ramezani, R. ve Behboodi, Z. (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, A. C., Cömert, A., Adigüzel, B., Balıkçioğlu, C., Örnekol, C., Bayindir, P. ve Bakal, İ. S. (2011). Türk Kızılayı orta anadolu bölgesi kan ürünleri tedarik zinciri yönetimi projesi. *Journal of Industrial Engineering (Turkish Chamber of Mechanical Engineers)*, 22(3), 22-70.
- Rautonen, J. (2007). Redesigning supply chain management together with the hospitals. *Transfusion*, 47, 197S-200S.
- Rytilä, J. S. ve Spens, K. M. (2006). Using simulation to increase efficiency in blood supply chains. *Management Research News*, 29(12), 801-819.
- Salehi, F., Mahootchi, M. ve Husseini, S. M. M. (2019). Developing a robust stochastic model for designing a blood supply chain network in a crisis: A possible earthquake in Tehran. *Annals of Operations Research*, 283(1-2), 679-703.

- Salehipour, A. ve Sepehri, M. M. (2012). Exact and heuristic solutions to minimize total waiting time in the blood products distribution problem. *Advances in Operations Research*, 2012.
- Samani, M. R. G., Hosseini-Motlagh, S. M. ve Ghannadpour, S. F. (2019). A multilateral perspective towards blood network design in an uncertain environment: Methodology and implementation. *Computers & Industrial Engineering*, 130, 450-471.
- Samani, M. R. G., Torabi, S. A. ve Hosseini-Motlagh, S. M. (2018). Integrated blood supply chain planning for disaster relief. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 168-188.
- Sapountzis, C. (1989). Allocating blood to hospitals. *Journal of the Operational Research Society*, 40(5), 443-449.
- Satman, M. H. (2016). *Genetik algoritmalar*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Schreiber, G. B., Schlumpf, K. S., Glynn, S. A., Wright, D. J., Tu, Y., King, M. R., ... Guiltinan, A. M. (2006). Convenience, the bane of our existence, and other barriers to donating. *Transfusion*, 46(4), 545-553.
- Schreiber, G. B., Sharma, U. K., Wright, D. J., Glynn, S. A., Ownby, H. E., Tu, Y., ... Retrovirus Epidemiology Donor Study. (2005). First year donation patterns predict long-term commitment for first-time donors. *Vox Sanguinis*, 88(2), 114-121.
- Seifried, E., Klueter, H., Weidmann, C., Staudenmaier, T., Schrezenmeier, H., Henschler, R., ... Mueller, M. M. (2011). How much blood is needed?. *Vox Sanguinis*, 100(1), 10-21.
- Selvakumar, S., Shahabudeen, P. ve Robert, T. P. (2019). An analysis of re-configured blood transfusion network of urban India to improve the service level: a simulation approach. *Journal of Medical Systems*, 43(2), 28.
- Sha, Y. ve Huang, J. (2012). The multi-period location-allocation problem of engineering emergency blood supply systems. *Systems Engineering Procedia*, 5, 21-28.
- Sibuea, L., Saleh, H. ve Gamal, M. D. H. (2017). Stochastic integer programming models in the management of the blood supply chain: a case study. *World*, 1(2), 41-48.
- Silva Filho, O. S., Carvalho, M. A., Cezarino, W., Silva, R. ve Salviano, G. (2013). Demand forecasting for blood components distribution of a blood supply chain. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(24), 565-571.
- Simonetti, A., Forshee, R. A., Anderson, S. A. ve Walderhaug, M. (2014). A stock-and-flow simulation model of the US blood supply. *Transfusion*, 54(3pt2), 828-838.
- Sirelson, V. ve Brodheim, E. (1991). A computer planning model for blood platelet production and distribution. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 35(4), 279-291.

- Sönmezoglu, M., Kocak, N., Öncül, O., Özbayburtlu, S., Hepgul, Z., Kosan, E., ... Bayik, M. (2005). Effects of a major earthquake on blood donor types and infectious diseases marker rates. *Transfusion Medicine*, 15(2), 93-97.
- Spens, K. M. ve Bask, A. H. (2002). Developing a framework for supply chain management. *The International Journal of Logistics Management*, 13(1), 73-88.
- Stanger, S. H. (2013). Vendor managed inventory in the blood supply chain in Germany: Evidence from multiple case studies. *Strategic Outsourcing: An International Journal*, 6(1), 25-47.
- Stanger, S.H., Wilding, R., Hartmann, E., Yates, N. ve Cotton, S. (2013). Lateral transshipments: an institutional theory perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 43(9), 747-767.
- Stanger, S. H., Wilding, R., Yates, N. ve Cotton, S. (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, S. H., Yates, N., Wilding, R. ve Cotton, S. (2012). Blood inventory management: hospital best practice. *Transfusion Medicine Reviews*, 26(2), 153-163.
- Szołtysek, J., Twaróg, S. ve Wronka, M. (2013). Social networks and the situation of blood donation in Poland: a logistics perspective/Sieci społeczne a sytuacja krwiodawstwa w Polsce w perspektywie logistycznej. *Management*, 17(1), 153-169.
- Şahin, G., Süral, H. ve Meral, S. (2007). Locational analysis for regionalization of Turkish Red Crescent blood services. *Computers & Operations Research*, 34(3), 692-704.
- Şahin, R. (2008). Dinamik tesis düzenleme problemi için bir tavlama benzetimi sezgiseli. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 23(4).
- Şahinyazan, F. G., Kara, B. Y. ve Taner, M. R. (2015). Selective vehicle routing for a mobile blood donation system. *European Journal of Operational Research*, 245(1), 22-34.
- Taşkın, Ç. ve Emel, G. G. (2009). *Sayısal yöntemlerde genetik algoritmalar*. Bursa: Alfa Aktüel.
- Testik, M. C., Ozkaya, B. Y., Aksu, S. ve Ozcebe, O. I. (2012). Discovering blood donor arrival patterns using data mining: A method to investigate service quality at blood centers. *Journal of Medical Systems*, 36(2), 579-594.
- Türk Kızılay. (2016). *Ulusal kan ve kan bileşenleri hazırlama, kullanım ve kalite güvencesi rehberi*. 04.01.2021 tarihinde, https://www.kanver.org/Upload/Dosya/ulusal_kan_rehberi.pdf adresinden erişildi.

- Türk Kızılay. (t.y.a). *Tarihçemiz*. 09.01.2021 tarihinde, <https://www.kizilay.org.tr/Kurumsal/tarihcemiz> adresinden erişildi.
- Türk Kızılay. (t.y.b). *Neler yapıyoruz?*. 09.01.2021 tarihinde, <https://www.kizilay.org.tr/neler-yapiyoruz> adresinden erişildi.
- Türk Kızılay Kan Hizmetleri. (t.y.a). *Tarihçemiz*. 04.01.2021 tarihinde, <https://www.kanver.org/sayfa/hakkimizda/tarihcemiz/33> adresinden erişildi.
- Türk Kızılay Kan Hizmetleri. (t.y.b). *Tarama ve doğrulama laboratuvarı*. 19.01.2021 tarihinde, <https://www.kanver.org/EKutuphane/TaramaDogrulamaLaboratuvarı> adresinden erişildi.
- Türk Kızılay Kan Hizmetleri. (t.y.c). *Kan bileşeni hazırlama birimi*. 19.01.2021 tarihinde, <https://www.kanver.org/EKutuphane/KanBileseniHazirlamaBirimi> adresinden erişildi.
- Uysal, M. ve Özcan, U. (2019). Süpermarket yerleşim problemi için tavlama benzetimi algoritması yaklaşımı. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 58-69.
- Van Dijk, N., Haijema, R., Van Der Wal, J. ve Sibinga, C. S. (2009). Blood platelet production: a novel approach for practical optimization. *Transfusion*, 49(3), 411-420.
- Wang, K. M. ve Ma, Z. J. (2015). Age-based policy for blood transshipment during blood shortage. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 80, 166-183.
- Williamson, L. M. ve Devine, D. V. (2013). Challenges in the management of the blood supply. *The Lancet*, 381(9880), 1866-1875.
- World Health Organization. (2020, June 10). *Blood safety and availability*. 19.01.2021 tarihinde, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blood-safety-and-availability> adresinden erişildi.
- World Health Organization Regional Office for Europe. (t.y). *Policy*. 19.01.2021 tarihinde, <https://www.euro.who.int/en/health-topics/Health-systems/blood-safety/policy> adresinden erişildi.
- Yates, N., Stanger, S., Wilding, R. ve Cotton, S. (2017). Approaches to assessing and minimizing blood wastage in the hospital and blood supply chain. *ISBT Science Series*, 12(1), 91-98.
- Yazgan, H. R., Cömert, S. E. ve Kılıç, E. N. (2020). Araç rotalama probleminin sezgisel algoritmalar ile çözülmesi: Bir boya fabrikasında uygulama. *Journal of Turkish Operations Management*, 4(2), 549-563.
- Yu, P. L. H., Chung, K. H., Lin, C. K., Chan, J. S. K. ve Lee, C. K. (2007). Predicting potential drop-out and future commitment for first-time donors based on first 1- 5-year donation patterns: the case in Hong Kong Chinese donors. *Vox Sanguinis*, 93(1), 57-63.

- Zahiri, B., Mousazadeh, M. ve Bozorgi-Amiri, A. (2014). A robust stochastic programming approach for blood collection and distribution network design. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 3(2), 1.
- Zahiri, B. ve Pishvae, M. S. (2017). Blood supply chain network design considering blood group compatibility under uncertainty. *International Journal of Production Research*, 55(7), 2013-2033.
- Zahiri, B., Torabi, S. A., Mousazadeh, M. ve Mansouri, S. A. (2015). Blood collection management: Methodology and application. *Applied Mathematical Modelling*, 39(23-24), 7680-7696.

ÇÖZÜMDE KULLANILAN VERİLERİ

Hastanlerin Kan Ürünü Bazında Talepleri

Hastane	Trombosit	Eritrosit	Donmuş Plazma
Ermenek İ.D.H.	0	373	0
Karaman D.H.	2	3567	0
Karaman Selçuklu Hastanesi	0	409	0
Özel Karaman Mümine Hatun Hastanesi	0	589	6
Çankırı D.H.	0	2389	0
Özel Karatekin Hastanesi	0	600	23
Dr. Münif İslamoğlu Hastanesi	19	5231	11
İnebolu D.H.	0	91	0
Özel Kastamonu Anadolu Hastanesi	3	1568	10
Taşköprü D.H.	0	352	0
Tosya D.H.	0	502	0
Akşehir D.H.	0	1274	2
Özel Konya Anıt Hastanesi	0	276	0
Başkent Üniversitesi Konya Uygulama Araştırma Hastanesi	0	1706	7
Özel Büyükşehir Hastanesi	1	1599	25
Konya Beyhekim D.H.	0	2235	5
Beyşehir D.H.	0	647	0
Bozkır İ.D.H.	0	30	0
Cihanbeyli D.H.	0	200	0
Çumra D.H.	0	8	0
Dr. Faruk Sükan Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi	0	955	9
Dr. Vefa Tanır Ilgın D.H.	0	367	2
Ereğli İ.D.H.	0	1700	1
Hadim İ.D.H.	0	11	0
Hüyük D.H.	0	6	0
Kadınhanı D.H.	0	1	0
Karapınar D.H.	0	156	0
Konya E.A.H.	413	9508	384
Konya Farabi Hastanesi	4	920	33
Konya Hospital	0	1558	54
Konya Numune Hastanesi	1	4065	130
Kulu D.H.	0	76	0
Medicana Konya Hastanesi	1	2180	444

Hastane	Trombosit	Eritrosit	Donmuş Plazma
Medline Konya	0	1253	42
Özel Akademi Hastanesi	0	919	0
Mevlana Üniversitesi Hastanesi	2	653	11
Necmettin Erbakan Ü.T.F.H.	1349	63	19487
Sarayönü D.H.	0	55	0
Özel Konya Selçuklu Hastanesi	0	416	15
Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi	826	8244	124
Seydişehir D.H.	0	844	0
Kızılay Derneği Özel Ticaret Borsası Hastanesi	0	947	0
Yunak Hacı İzzet Baysal D.H.	0	12	0
Kırıkkale Hilal Hastanesi	0	50	0
Kırıkkale Üniversitesi Hastanesi	111	3438	121
Kırıkkale Yüksek İhtisas Hastanesi	0	4779	28
Alaca D.H.	0	277	0
Atıf Hoca D.H.	0	465	2
Çorum E.A.H.	387	6819	168
Çorum Bölge Göğüs Hastalıkları Hastanesi	0	177	0
Elitpark Hastanesi	1	1282	7
Osmancık D.H.	0	541	0
Özel Çorum Hastanesi	1	851	6
Sungurlu D.H.	0	470	0
29 Mayıs D.H.	0	575	0
Acıbadem Ankara Hastanesi	6	417	2
Akay Hastanesi	5	2132	86
Akropol Hastanesi	0	265	0
Ankara Çocuk Sağlığı Hastalıkları Hastanesi	296	4595	9
Ankara E.A.H.	46	6670	12
Ankara Güven Hastanesi	11	4810	245
Dr. Abdurrahman Yurtaslan Ankara Onkoloji E.A.H.	2	7330	0
Ankara Ulus D.H.	0	1228	0
Ankara Umut Hastanesi	0	80	3
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi	3098	3657	19957
Atatürk Eğitim Araştırma Hastanesi	28	8693	0
Atatürk Göğüs Hastalıkları Hastanesi	6	2340	0
Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi	314	12468	20
Özel Bilgi Hastanesi	0	1280	190
Bayındır Hastanesi	289	1597	0
Beypazarı D.H.	0	518	3
Beytepe Asker Hastanesi	0	2	0
Çankaya Hastanesi	2	615	2
Çankaya Yaşam Hastanesi	0	3	0
Dr. Nafiz Körez D.H.	0	1431	0
Dr. Sami Ulus Eğitim Araştırma Hastanesi	0	2017	385

Hastane	Trombosit	Eritrosit	Donmuş Plazma
Duatepe D.H.	1	1385	0
Elmadağ İ.D.H.	0	149	0
Sait Ertürk D.H.	0	61	0
Etimesgut D.H.	0	202	0
Etlik Zübeyde Hanım Kadın Hastalıkları E.A.H.	1	3067	23
Ankara Gazi Mustafa Kemal D.H.	0	538	0
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi	2082	267	15420
Gölbaşı Hasvak D.H.	1	541	0
Gülhane E.A.H.	918	3199	10000
Hacettepe Ü.T.F.H.	3438	1545	21705
Halil Şıvgın D.H.	0	531	0
Haymana D.H.	0	8	0
Hrs Ankara Kadın Hastalıkları Hastanesi	0	143	0
Kazan Hamdi Eriş D.H.	0	197	0
Keçiören E.A.H.	5	2649	2
Özel Keçiören Hastanesi	0	969	392
Kızılcahamam D.H.	0	539	0
Özel Koru Ankara Hastanesi	36	2279	225
Özel Koru Sincan Hastanesi	2	823	50
Kudret International Hospital	0	425	175
Liv Hospital Ankara	136	1227	60
Lokman Hekim Hastanesi Etlik	0	1432	21
Lokman Hekim Hastanesi Sincan	10	3685	140
Lösante Hastanesi	249	391	0
Memorial Ankara Hastanesi	177	1345	3
Ankara Meslek Hastalıkları Hastanesi	0	177	0
Nallıhan D.H.	0	266	0
Numune Eğitim Araştırma Hastanesi	590	14710	145
Ortadoğu 19 Mayıs Hastanesi	0	138	0
Medical Park Ankara Hastanesi	8	894	5
Özel Eryaman Hastanesi	0	451	0
Özel Etimed Hastanesi	3	1043	176
Özel Medicana International Hastanesi	3336	2769	0
Özel Natomed Hastanesi	0	195	2
Polatlı Can Hastanesi	0	631	70
Şereflikoçhisar D.H.	0	303	0
Tobb Etü Hastanesi	2	873	1675
Ufuk Üniversitesi Hastanesi	32	1679	14
Yenimahalle D.H.	9	2820	1
Dışkapı Yıldırım Beyazıt E.A.H.	335	10256	6
Ankara Yüksek İhtisas Hastanesi	30	9771	664
Özel 100. Yıl Hastanesi	0	252	170
Dr. Zekai Tahir Burak Kadın Sağlığı E.A.H.	3	3376	9

Kan Merkezleri ile Hastaneler Arasındaki Mesafeler

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																				

Kan Merkezlerinin Kan Ürünü Bazında Kapasiteleri

	Trombosit	Eritrosit	Donmuş Plazma
Ankara Kan Merkezi	15733	168786	72296
Çorum Kan Merkezi	389	10882	183
Konya Kan Merkezi	2597	42884	20775

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Ayhan, E. ve Taşkın Gümüş, A. (2016). *Blood supply chain management: a conceptual framework*. International Conference on Economics, Business Management and Social Sciences (ICEBSS 2016), 5-9 October 2016, Sarajevo.
2. Ayhan, E. ve Taşkın Gümüş, A. (2016). *Distribution network optimization model for regional blood supply chains*. International Conference on Economics, Business Management and Social Sciences (ICEBSS 2016), 5-9 October 2016, Sarajevo.