

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

**İKİ AŞAMALI İLAÇ TEDARİK ZİNCİRİNDE GENETİK  
ALGORİTMA UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elif YILDIRIM**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Berrin DENİZHAN**

**Ağustos 2021**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İKİ AŞAMALI İLAÇ TEDARİK ZİNCİRİNDE GENETİK  
ALGORİTMA UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elif YILDIRIM**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 05.08.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

**Jüri Başkanı**

**Üye**

**Üye**

## **BEYAN**

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

Elif YILDIRIM

25.08.2021

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Berrin DENİZHAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca beni destekleyen, maddi ve manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, her zaman yanımda olan değerli eşim Osman YILDIRIM'a, kızım Rabia YILDIRIM'a ve bugünlere gelmemi sağlayan değerli annem Nermin TIRYAKI'ye ve tüm aileme çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
TABLOLAR LİSTESİ .....	vi
ÖZET .....	vii
SUMMARY .....	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	8
2.1. İlaç Tedarik Zinciri'nde İki Aşamalı Çalışmalar .....	15
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM .....	22
3.1. ki Aşamalı İlaç Tedarik Zinciri Problem.....	22
3.2. Varsayımlar .....	26
3.3. Varsayımsal Deneyler .....	26
3.4. ağınık Merkezli, Merkezi, Ekonomik ve Sosyal İş Birliği Modellerinin Tanımlanma.....	27
3.4.1. Karar değişkenleri .....	29
3.4.2. Dağınık merkezli model .....	30
3.4.2.1. İlaç perakendecisinin kâr modeli .....	30
3.4.2.2. İlaç tedarikçisinin kâr modeli .....	31
3.4.3. Merkezi model .....	33

3.4.4. Ekonomik iş birliği modeli .....	35
3.4.5. Sosyal iş birliği modeli.....	3355
3.5 Modeller Üzerinde Senaryoların Oluşturulması.....	37
3.6. Genetik Algoritma ve Uygulama Adımları.....	39
3.6.1. İki aşamalı ilaç tedarik zincirinde genetik algoritma adımları.....	44
3.6.1. Algoritma değişkenleri .....	45
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI .....	47
4.1. Dağınık Merkezli, Merkezi, Ekonomik ve Sosyal İş Birliği Modellerinin Sonuçları .....	47
4.1.1. Dört modelin karşılaştırılması .....	52
4.2. Duyarlılık Analizi .....	57
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ .....	62
KAYNAKLAR .....	64
ÖZGEÇMİŞ .....	73

## **SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ**

AI	: Yapay Zekâ
BOM	: Bill Of Materials
GA	: Genetik Algoritma
METRIC	: Kurtarılabılır Öge Kontrolü İçin Çok Aşamalı Teknik
TZY	: Tedarik Zinciri Yönetimi
VARI-METRIC	: Tamamlanmamış Perakendeci Siparişlerini Açıklamak İçin Ortalama Ve Varyans Değişkenlerini Tahmin Etme

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. İki aşamalı ilaç tedarik zinciri.....	6
Şekil 2.1. Tedarik zinciri bileşenleri .....	9
Şekil 2.2. Basit bir ilaç tedarik zinciri örneği (SAP, 2013).....	16
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan iki aşamalı ilaç tedarik zinciri .....	23
Şekil 3.2. Çalışmanın çözüm adımları .....	24
Şekil 3.3. Tedarikçi ve perakendecinin envanter seviyeleri.....	32
Şekil 3.4. Genetik algoritma operasyon Akış Şeması.....	41
Şekil 3.5. Çaprazlama yöntemleri çeşitleri ve bunların etkileri .....	43
Şekil 3.6. Mutasyon yöntemleri çeşitleri ve bunların etkileri.....	43
Şekil 4.1. Matematiksel Model ve Genetik Algoritma sonuçlarının farkları.....	48
Şekil 4.2. GA ile yapılan iyileştirmelerin yüzdelik gösterimi.....	49
Şekil 4.3. Test probleminin GA ile çözümü ve matematiksel çözümü arasındaki farklar .....	49
Şekil 4.4. Test probleminin GA ile çözümü ve matematiksel çözümü arasındaki farklar .....	50
Şekil 4.5. Test probleminin GA ile çözümü ve matematiksel çözümü arasındaki farklar .....	51
Şekil 4.6. Test probleminin GA ile çözümü ve matematiksel çözümü arasındaki farklar .....	51
Şekil 4.7. 4. Test probleminde Merkezi modelin nl senaryosu optimizasyon adımları .....	52
Şekil 4.8. k'nın modeller ve senaryolardaki değerleri .....	56
Şekil 4.9. T'nin modeller ve senaryolardaki değerleri.....	57
Şekil 4.10. Teslim süresinin kâra etkisi (noktalar esas alınan makaledeki değerleri göstermektedir).....	58



Şekil 4.11. T'nin farklı değerlerine göre 3. Test probleminde 1 senaryosunun çıktıları .....	59
Şekil 4.12. Tedarikçinin perakendeciye olan fiyatlandırmasının analizi .....	59
Şekil 4.13. Talep ve T ziyaret aralığı etkileşimi .....	60
Şekil 4.14. T ve k'nın talep karşısında değişimi .....	61

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Literatürde ilaç tedarik zincirine katkı sağlamış çalışmalar .....	20
Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan gösterimler .....	27
Tablo 3.2. nl senaryosu kaba kodu.....	38
Tablo 3.3. Algoritma değişken değerleri.....	45
Tablo 3.. Test problemlerinin değerleri.....	46
Tablo 4.1. 1. Test problemi GA sonuçları.....	53
Tablo 4.2. 2. Test problemi GA sonuçları.....	53
Tablo 4.3. 3. Test problemi GA sonuçları.....	54
Tablo 4.4. 4. Test problemi GA sonuçları.....	54

## ÖZET

Anahtar kelimeler: İki aşamalı envanter sistemi, ilaç tedarik zinciri, genetik algoritma

İki aşamalı tedarik zinciri modeli, farklı hedeflere sahip iki ayrı üyeden oluşmaktadır. Bu çalışmada, üzerinde çalışılan tedarik zinciri, bir tedarikçi, bir perakendeci ve bir çeşit ilaçtan oluşan iki aşamalı bir tedarik zinciri olarak ele alınmıştır. Aynı zamanda iki aşamalı olarak tasarlanan modelin bileşenlerinin kâr üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Bu problemin amacı, ürünün satışı ve dağıtımını sırasında elde edilen toplam kârı maksimize etmektir. Satışlar ilaç perakendecisinde gerçekleşmektedir ve sipariş dönemleri ilaç tedarikçisinin ziyaret sıklığına göre belirlenmektedir. İlaç perakendecisi, bu ziyaret sıklığını göz önünde bulundurarak, periyodik gözden geçirme envanter modeli izlemektedir. Sistemde, perakendeci için karar değişkeni, sipariş seviyesine göre, ilaç tedarikçisinin kârlılığını etkileyen güvenlik faktörüdür. Tedarikçi için karar değişkenleri ise ziyaret sıklığı, ikmal sayısı ve teslim süresidir. Bu çalışmada dağınık merkezli model, merkezi model, ekonomik iş birliği modeli ve sosyal iş birliği modeli olmak üzere dört farklı model uygulanmıştır. Yeni değişkenler tanımlanarak her model için dört farklı senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolar dört farklı test probleminde gözlemlenmiştir. Modeller genetik algoritma kullanılarak çözülmüş ve sonuçlar kârlılık açısından karşılaştırılmıştır.

Araştırmada elde edilen bulgulara göre, iki aşamalı ilaç tedarik zinciri probleminin sezgisel modeli, zincirdeki her iki aşama için daha fazla kârlılık sağlamıştır. Bu çalışma aynı zamanda Genetik Algoritmanın literatürde benzer probleme uygulanmış geleneksel çözümden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

# **A GENETIC-ALGORITHM-BASED APPROACH TO THE TWO ECHELON PHARMACEUTICAL INVENTORY SYSTEM**

## **SUMMARY**

Keywords: Two-echelon inventory system, drug supply chain, genetic algorithm

The two-echelon supply chain model consists of two separate members with different goals. In this study, the studied supply chain is considered a two-echelon supply chain comprising a supplier, a retailer, ve one of drug. At the same time, the effects of the components of the two-echelon model on profit were investigated.

This problem aims to maximize the total profit generated during sale ve distribution of the product. Sales take place at the drug retailer, ve order periods are determined according to the frequency of visits of the drug supplier. With this visit frequency in mind, the pharmaceutical retailer follows a periodic review inventory model. In the system, the decision variable for the retailer is the safety factor that affects the profitability of the pharmaceutical supplier, according to the order level. The decision variables for the supplier are the frequency of visits, the number of replenishments, ve the delivery time. In this study, four different models have been applied: the decentralized model, the centralized model, the economic cooperation model, ve the social cooperation model. By defining new variables, four different scenarios were created for each model. These scenarios were observed in four different test problems. The models were solved using a genetic algorithm, ve the results were compared in terms of profitability.

According to the research findings, the heuristic model of the two-echelon pharmaceutical supply chain problem provided greater profitability for both echelons in the chain. This study also showed that the Genetic Algorithm gives better results than the traditional solution applied to a similar problem in the literature.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Her geçen gün sistemlerdeki bileşenler artmakta ve bu artış, hedefe ulaşırken eksik ya da hatalı adımların oluşmasına sebep olmaktadır. Tedarik zinciri yönetimi (TZY) problemleri de bu şekilde çoklu bileşenlerden oluşan ve hataların sistemin bütününe etkilediği bir yapıya sahiptir. Bu problemleri yönetmek için kullanılan TZY, müşteriler için üretilen, müşterilere ürün, hizmet ve bilgi sağlayan tüm iş süreçlerinin yönetimi ve entegrasyonu olarak tanımlanmaktadır (Cooper ve ark., 1997). TZY'deki iş süreçleri; sipariş karşılama, talep yönetimi, üretim planlama, tedarik yönetimi ve ürün geliştirme gibi karışık problemlerden oluşmaktadır. Bununla birlikte, TZY'de bulunan üye sayısı da çok fazladır. Tedarik zincirinin oluşabilmesi için tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar, perakendeciler ve müşteriler gibi üyelerin sistemde olması gerekmektedir. Zincirin her halkasını daha yüksek verimlilik ve daha düşük çalışma maliyeti ile planlama ihtiyacı vardır. Bu problemler sağlık, imalat, tekstil, kimya gibi her sektörde bulunan tedarik zinciri yapısı açısından farklı özel durumlar da içerebilmektedir. Bu farklı tedarik zinciri yapılarındaki problemleri azaltmak için yeni yollar aranmaya devam etmektedir. Tedarik zincirindeki üyeler arasında gerçekleşen operasyonların tek başına planlanması, her aşamadaki sonuç o aşamayı değil diğerlerini de etkilediği için hatalı verilmiş kararlara zincirleme olarak yol açabilmektedir (Yılmaz ve Bilgin, 2019).

Tedarik zinciri umumiyetle kendi kararlarını veren, kendi başına çalışan işletmeler içermektedir. Burada işletme olarak tedarikçiler, imalatçılar, depolar, dağıtıcılar, perakendeciler veya müşteriler yer alabilmektedir. Halbuki bu işletmelerin vereceği kararlar kendine etki edeceği gibi diğer tedarik zinciri elemanlarına da etki etmektedir. Son yıllarda e-ticaretin artarak büyümesi de göz önüne alındığında, bu tür tek aşamalı ağlar, şirketlerin günümüzün zorluklarını karşılama potansiyellerini

sınırlamaktadır (Mohamed, 2019). Tedarik zinciri üyeleri arasındaki bu ilişki, tek başınlığı ortadan kaldırmış, koordine çalışmaların önemini artırmıştır.

TZY sistemleri karmaşıklık ve belirsizliğe dayalı birçok sorun içermektedir. Tedarik zinciri üyeleri arasındaki verimsiz koordinasyon, kârlılıkta bir kayıp yaratmaktadır (Nasrollahi ve Razmi, 2021). Privett ve Gonsalvez (2014) tarafından TZY’de on önemli sorun listelenmiş ve önceliklendirilmiştir:

- Koordinasyon eksikliği: mevcut sistemin üyeleri arasında parçalanma
- Envanter yönetimi, miktar, envanter seviyeleri, kullanılabilirlik, yönetim ve stok sayıları belirleme hataları
- Talebin genellikle bilinmemesi ve / veya tahmin edilmesi
- İnsan kaynağının uzmanlık, eğitim ve personel kapasitesine bağımlılığı
- Planlama, sipariş ve takip dahil olarak sipariş yönetimindeki hatalar
- Elde ürün kalmaması, eksiklikler, (pahalı) acil durum siparişlerine yol açması, sık ikmal yapma, sık sipariş oluşturma veya yüksek envanter tutulması
- Sona kullanma tarihleri
- Prosedürler ve organizasyon dahil olmak üzere depo yönetimindeki hatalar
- Hem nakliye hem de depolamada izleme ve arıza dahil olmak üzere sıcaklık kontrolündeki hatalar
- Nakliye sırasındaki, olası gecikmedeki ve varıştaki görünürlüğü dahil olmak üzere sevkiyat görünürlüğünün az olması

Çalışmalarında tedarik zinciri üyelerinin yaptıkları seçimlerinde senkronizasyon olmamasının, kötü sonuçlara yol açabilecek en temel problem olarak kabul edildiği belirtilmektedir.

Perakendeciler, tüm tedarik zincirindeki müşterilerden yüksek memnuniyet elde etmek zorunda kalmaktadır. Üstelik maliyetlerini düşürmeleri ve eş zamanlı olarak kârlarını artırmaları gerekmektedir. Envanter akışı, sistemin toplam maliyetini etkilediği gibi perakendecilerin hizmet düzeyini de etkilemektedir; buna göre

ürünlerin dağıtımını kârlılık için temel bir karar verme problemi haline gelmektedir (Chopra, 2003).

Bu problemleri sadece matematiksel modelleme yöntemi ile çözmek mümkün değildir. Bu tip karmaşık problemleri çözmek için sezgisel yöntemler ile modelleme yapmak daha doğru sonuçlar buldurmaktadır. TZY sorunlarının çözümünde doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama ve dinamik programlama gibi geleneksel optimizasyon teknikleri, büyük rol oynamıştır. Bununla birlikte, geleneksel optimizasyon tekniklerinin dezavantajları, sezgisel optimizasyon yöntemleri ile aşılabilmektedir. Bu dezavantajlar, gerçek dünya problemlerinin karmaşıklığı ve taleplerin belirsizliğinden kaynaklanmaktadır. Doğrusal programlamada, doğrusal olmayan bir gerçek dünya probleminden doğrusal bir model geliştirildiğinde önemli kayıplar meydana gelir; dinamik programlamada değişkenlerin sayısındaki bir tek artış, yinelemeli fonksiyonların hesaplanma sayısını üssel olarak artırmaktadır; doğrusal olmayan programlamada, hesaplamada kullanılan fonksiyonların diferansiyeli alınmadığında, çözüm modeli optimum çözümü bulamayabilir. Matematiksel tekniklerin bu eksikliklerinin üstesinden gelmek için sezgisel optimizasyon teknikleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerle makul bir hesaplama süresi içinde iyi bir çözüm (optimuma yakın) bulunabilmektedir. Sezgisel yöntemlerde modelin doğrusal olmayan özelliklerinde herhangi bir kayıp olmaksızın makul bellek kullanılmaktadır (Geem ve ark., 2001). Envanter yönetimi problemlerinin çoğunda olduğu gibi, bu çalışmada kullanılan model doğal olarak karmaşıktır ve çözüm alanının boyutu nedeniyle optimal politikaları kesin çözüm yaklaşımı ile kontrol etmek zordur. Bu nedenle çok sayıda envanter sistemlerinde çözüme ulaşmak için sezgisel ve meta-sezgisel gibi çevrime dayalı prosedürlerin kullanıldığı görülmektedir (Kannan ve ark., 2010; Pasandideh ve ark., 2011; Saracoglu ve ark., 2014). Bu çalışmada kullanılacak olan yöntem genetik Algoritma (GA), büyük ölçekli problemler düşünüldüğünde diğer meta-sezgisel yöntemler arasında en iyi çözüm yaklaşımlarından biridir (Soleimani ve ark., 2013). Ayrıca GA, çok sayıda değişken ve kısıtlama gerektiren sorunlar için tavlama benzetimi ve tabu arama gibi tek çözüm aramaya dayalı meta-sezgisellere kıyasla kolay bir çözüm yolu

sunmaktadır. Nüfus oluşturma tabanlı arama sayesinde kolayca uygulanabilir bir komşuluk çözüm üretmeyi kolaylaştırmaktadır.

TZY’de sadece bir üyeyi ele alarak yapılan iyileştirmeler ve hesaplamalar zaman kaybına ve hatalı sonuçlara neden olmaktadır. Bu sebeple, bu tez çalışmasında İlaç TZY’de iki aşamalı envanter modeli üzerinde durulmuştur. İki aşamalı envanter optimizasyonu, tedarik zinciri genelinde envanteri optimize etmeye yönelik gelişmiş bir yaklaşımı temsil etmektedir.

İki aşamalı tedarik zinciri modeli, farklı hedeflere sahip iki ayrı bileşenden oluşmaktadır. Tek aşamalı ve sıralı olarak ilerleyen ve işlenen bir yaklaşım, talebi tahmin ederken her bir aşama için gerekli envanteri ayrı ayrı belirlemektedir. Buna karşın, iki aşamalı envanter modeli, belirli bir aşamadaki stokların kendi üzerindeki ya da diğer aşama üzerindeki etkisini dikkate alabilirken, aynı anda tedarik zinciri boyunca stok seviyelerini bütünsel olarak inceleyebilmektedir. Birden çok aşamanın bir arada modellenmesi, belirli zamanlarda yapılan talep nedeniyle birçok envanter türünün doğru tahminini sağlamaktadır. Envanter optimizasyonunun bir parçası olarak, sürekli iyileştirme sağlamak için distribütör performansı, müşteri hizmetleri ve envanterle ilgili birimler sürekli olarak izlenebilmektedir (Spratt ve ark., 2011). Örneğin, bir perakendecinin satış noktasında satılan bir ürün dağıtım merkezlerinden birinden alınırsa, bu dağıtım merkezi tedarik zincirinin bir kademesini ve bunun çıkışı da bir diğerini temsil etmektedir. Bu kademe aynı anda modellenmekte ve böylece satış noktalarında, ihtiyaç duyulan stok miktarı ile dağıtım merkezinden alınan hizmetin planlanması aynı anda yapılmaktadır (APQC, 2010). İki aşamalı envanter optimizasyonu, tedarik zincirini oluşturan bu iki düğümdeki talep değişkenliğine ve teslim süresi, gecikmeler, hizmet seviyesi gibi performanslara bağlı olarak ağ üzerindeki envanter miktarlarını doğru olarak belirlemeye çalışmaktadır (Tohamy, 2010). Bu problemlerde, gelen ve giden mallar ayrı ayrı önemlidir. Örneğin, dağıtım merkezlerinin işletmelerden dağıtım merkezlerine taşıma maliyeti dikkate alınırken bununla birlikte dağıtım merkezlerinden müşterilere taşıma maliyeti dikkate alınarak konumlandırılmaktadır. Bu

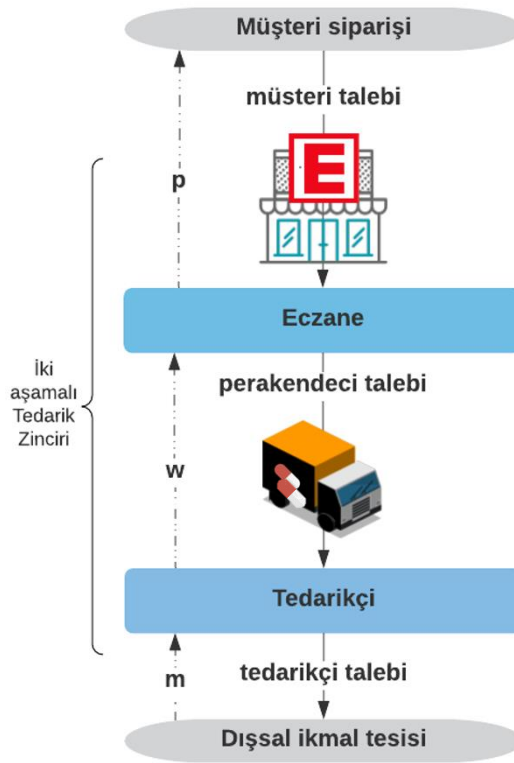


problemlerde, gelen ve giden malzeme akışlarını dengelemeyi amaçlayan kısıtlamalar da dikkate alınmaktadır (Ghiani, 2005).

Bir tedarik zincirinde iki yönlü akış mevcuttur. Müşteriden üreticiye yukarı yönlü akış ve üreticiden müşteriye aşağı yönlü akış olarak belirtilen bu hareketlerde, yukarı akışta sağlanan hizmet ne kadar iyi olursa, aşağı akışta gereken düzenlemeler o kadar az olmaktadır. Dolayısı ile iki aşamalı envanter optimizasyonunun amacı, iki aşamada da güvenlik stok seviyelerini sürekli olarak güncellemek ve optimize etmektir (Gilmore, 2008).

İki aşamalı envanter optimizasyonu, envanteri tedarik zinciri boyunca en iyi duruma getirmeye yönelik en gelişmiş yaklaşımı temsil eder. Çoklu aşamaların modellenmesi, belirli zamanlarda verilen taleplerden dolayı çevrim stoku ve güvenlik stoku ile ön hazırlık da dahil olmak üzere birçok envanter türünün doğru bir şekilde tahmin edilmesini sağlamaktadır. Envanter optimizasyonunun bir parçası olarak sürekli iyileştirmeyi sağlamak için tedarikçi performansı, müşteri hizmetleri ve envantere bağlı birimler sürekli izlenebilmektedir (Spratt, 2011). Bazı çalışmalarda aşamalar fiziksel yerler yerine, BOM veya işleme faaliyetleri olarak da alınmışlardır (Snyder, 2008).

İlaç TZY ürününün ve müşterinin önemli olduğu, son alıcıya giden ilacın kesintiye uğramaması ve aynı zamanda TZY üyelerinin kâr etmesi gereken karmaşık bir sistemdir. Bu sistemi iki aşamalı olarak planlanması, talebin doğru bir şekilde tahmin edilmesini ve hızlıca karşılanmasını sağlamaktadır. İki aşamalı olarak İlaç TZY'yi çalışan az sayıda makale bulunmaktadır. Bu çalışmada, ilaç üreticilerinden ilaç satın alan bir ilaç tedarikçisi ile bu ilaçları tedarikçiden satın alan bir ilaç dağıtım sistemi analiz edilmektedir. Dağıtıcının amacı eczanenin taleplerini zamanında karşılamaktır. Eczanenin amacı ise müşteri memnuniyetini yüksek tutmaktır. İki aşamalı bir eczane-depo tedarik zinciri modeli Şekil 1.1.'de verilmiştir.



Şekil 1.1. İki aşamalı ilaç tedarik zinciri

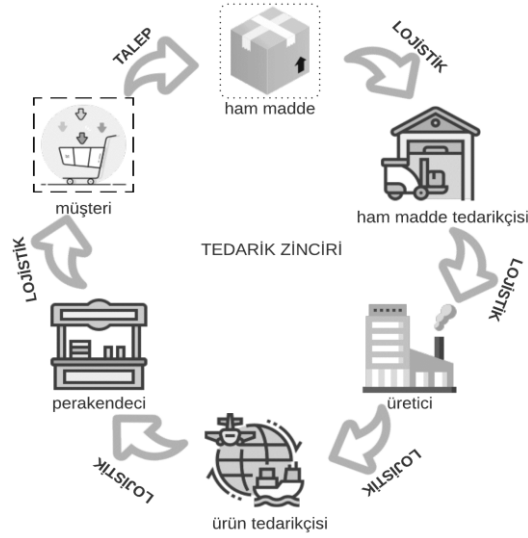
Bu çalışma, bir tedarikçi/üretici ve bir alıcı/perakendeciye sahip, belirli bir taleple karşı karşıya olan ve pazarda bir ürün satan iki aşamalı bir tedarik zinciri ile ilgilenmektedir. Her ürün siparişi için bir sipariş maliyeti vardır ve her bir öge için ürüne özel ürün maliyeti satış gelirinden çıkarılmaktadır. Perakendecinin ayrıca servis seviyesini yüksek tutabilmek için, tedarikçinin ziyaret sıklığını kısa tutmasına ihtiyacı vardır. Böyle bir ortamda her iki tarafın da ortak bir envanter yönetiminde olmasının ekonomik açıdan faydalı olacağı görülmektedir. Beklenen kârı en büyükmek ve en iyi çözümü belirlemek için merkezi, merkezi olmayan, ekonomik iş birliği ve sosyal iş birliği karar modelleri önerilmiştir. Modeller için bir arama algoritması geliştirilmiş ve bu algoritma ile elde edilen sonuçlar sayısal olarak gösterilmiştir. Ek olarak, modelde karar verilen iki değişkene ek olarak iki farklı değişken eklenmiştir ve bunun sisteme etkileri tartışılmıştır.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde çalışmanın konusu, amacı ve önemi yer alacaktır. Bölüm 2’de iki aşamalı tedarik zinciri modeli uygulamaları,

yöntemler, genetik algoritma (GA) ve tedarik zincirine ait örnekleri içeren literatür araştırması yer alacaktır. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan iki aşamalı tedarik zinciri modeli ve kullanılan GA hakkında bilgiler verilecektir. Dördüncü bölümde ise problemin GA uygulama ve sonuçları sunulacaktır. Son olarak beşinci bölümde, çalışmanın sonuçlarına dair yorum ve tartışma ile, bulgular özetlenecek ve gelecek çalışma konularından bahsedilecektir.

## **BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

Bir tedarik zinciri, yönetim stratejilerini kullanarak karşılıklı kârlılıklarını en üst düzeye çıkarmak için birlikte çalışan ve nakliye, ikmal ve üretim işlevlerini gerçekleştiren tesislerin ve müşterilerin bir ağı olarak tanımlanabilir. Tedarik zincirindeki ayrı ortaklıklar yalnızca sadakatle bağlı olsa da ortak amaçlar onları bir araya getirmektedir (Denizhan, 2009). Tedarik zinciri yapısı perakendeciler, tedarikçiler, alıcılar, ürünler, ikmal yöntemleri, envanter yönetimi ve üyeler arasında envanter dağıtımının tedarikçiden perakendeciye veya tam tersi bir hareketi vardır. Bu akış, bir veya daha fazla tedarik zinciri tesisinde planlama yapmak için bazı aşamalar oluşturmaktadır (Sabri ve Beamon, 2000). Bir tedarik zinciri tasarlandığında, tedarik zincirinin ana hatları tüm üyeleri etkileyen önemli bir karar verme süreci haline gelmektedir. Tedarik zinciri mimarisi, tüm tedarikçi zincirini etkileyen birincil karardır ve piyasalarda artan rekabet nedeniyle son zamanlarda önemli hale gelmiştir. Tasarım problemi, tesislerin sayısına ve tesislerin konumuna, tüm tesislerdeki kapasiteye, tüm konumların bir veya daha fazla bölgeye dağıtımına ve aynı zamanda perakendeciler ve mallar için dağıtıcılara karar vermektedir (Thomas ve Griffin, 1996; Simchi-Levi ve ark. 2004; Chopra ve Meindl, 2013). TZY'nin karmaşıklığı, bünyesinde bulunan depolar, tedarikçiler, müşteriler gibi üyelerin, birbirleriyle olan bağlantılarının fazlalığından gelmektedir. Bu bağlantılar bilgi akışı, hizmet, ürün alışverişi ile meydana gelmektedir (Ellinger, 2000). TZY üyelerinin bağlantılarında oluşan zaman, işgücü gibi verilerin planlanması için TZY üyelerini tek tek ele almak yerine iki aşamadan oluşan dağıtım zinciri kullanılabilir.



Şekil 2.1. Tedarik zinciri bileşenleri

Şekil 2.1.'de karmaşık bir TZY sistemi özet olarak gösterilmiştir. Bu karmaşıklığın azaltılması için, kaynaklar arasındaki ilişkiyi hesaba katmadan problemleri ele almak yerine, probleme başlarken asgari iki bileşenin arasındaki ilişkiyi de dikkate almak gerekliliği doğmuştur. Bu yöntemlerle yapılan çalışmalar iş gücünde ve zamanda daha fazla iyileşmeyi sağlamakta ve gerçek hayatta uygulanabilirliği artırmaktadır. Gerçek çalışma ortamındaki tedarik zincirinde, mevcut olan en az ikili bağlantıyı sağlamak çok sayıdaki birimlerin oluşturduğu bu bağlantının önemli adımlarından biridir.

Tedarik zincirini oluşturan üyeler aşama olarak gruplandırılmaktadır. Aşamaların ayrı ayrı incelenmesi eksik sonuçlara ulaşılmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple, çok aşamalı modeller son yıllarda literatürde önem kazanmıştır. Bu çalışmada iki aşamalı bir tedarik zinciri örneği incelenecektir. İki aşamalı bir tedarik zinciri, çok aşamalı tedarik zincirinin özel bir durumudur. İki aşamalı bir tedarik zincirinde iki üye vardır ve bunlar tedarik noktaları, depolar, uydular olarak adlandırılmaktadır (Rahman, 2017). Örneğin dışsal bir kaynaktan gelen ürün, birinci aşama olan dağıtıcıdan ikinci aşama olan perakendeciye iletilmektedir, buradan da müşteriye teslim edilmektedir. İki aşamalı tedarik zincirini konu edinen çalışmalara bakıldığında, bu çalışmaların depolar arasındaki koordinasyonu sağlamak amacı ile yapıldığı görülmektedir. Zaman, para gibi kaynakların etkin kullanımını artırmak için

TZY işletmeleri arasında bir koordinasyon bulunması gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda bu koordinasyonu sağlamak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında iki aşamalı ilaç tedarik zincirinde genetik algoritma uygulaması yapılmıştır. Ancak literatürde bugüne dek yapılan incelemelerde iki aşamalı ilaç tedarik zinciri uygulamalarının fazla sayıda olmadığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple literatür taramasında iki aşamalı envanter modelleri ve kullanılan tekniklere öncelikle yer verilmiş ve daha sonra az sayıda yer alan ilaç tedarik zinciri uygulamaları sunulmuştur.

İlk olarak Clark ve Scarf'ın 1960'ta yayımlanan makalesi ile *echelon/aşama* adlandırması ve sistem stoku konsepti ile stok modelleri üzerinde çalışmalar başlamıştır (Tarım, 1993). Tedarik zinciri üzerinde bir üretimi planlamak için, ürünün üretim miktarı, dağıtım miktarı gibi değişkenlere karar verilmesi gerekmektedir. Bu ağdaki dağıtımda kullanılan aracın da hammaddeyi toplama rotası, zaman çizelgesi gibi değişkenlerinin hesaplanması gerekmektedir (Yılmaz ve Bilgin, 2019). Bu iki ayrı aşamayı birlikte planlayan iki aşamalı tedarik zinciri modeli ile maliyet ve kalite açısından daha iyi kararlar verilmesi üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

İki aşamalı bir model üzerinden bir tedarik zincirini optimize etmeyi amaçlayan Cachon ve Zipkin (1999) ve Cachon (2001), sürekli ve rekabetçi modellerle periyodik gözden geçirme problemleri üzerinde çalışmışlardır. Moses ve Seshadri (2001), periyodik bir gözden geçirme bakış açısıyla kayıp bir satış modelini incelemiştir. Netessine ve Rudi (2001), toptancının gelecekte talep üzerine satılan malların envanterini depolamadığı tedarik zincirleri için bir toptancı ile bir perakendeci arasında ilişkiyi modellemiştir. Lariviere ve Porteus (2001) bir tedarikçinin tedarik fiyatına nasıl öncülük ettiğini ve bir perakendecinin miktarlar açısından nasıl tepki verdiğini araştırmıştır. Panda ve ark. (2017), iki aşamalı kapalı döngü bir tedarik zincirinin ekip çalışması sorununu incelemiş ve sosyal sorumluluğu ele almıştır.

Sakulsom ve Tharmmaphornphilas (2019) tarafından önerilen sezgisel yaklaşım, envanter işleme politikalarını iyileştirmek için baz stok stratejisini kullanarak, ilk adımda başlangıç satın alma stratejisine karar vermekte ve ikinci adımda güvenlik stokunu oluşturmaktadır. Li ve ark. (2018), üreticinin ürünleri bir miktar tutarlılıkla nihai perakendeciye teslim ettiği iki aşamalı bir tedarik zinciri üzerinde çalışmıştır. Üyelerin denge tercihlerini ve müzakere yetkinliklerini dikkate alarak optimum ürün fiyatlandırması ve ürün kalitesi kararlarını incelemiştir. Taleizadeh ve ark. (2018), Stackelberg ve Nash oyunlarında, tüketici talebinin fiyat ve karbon emisyon oranı kısıdına sahip olduğu iki kademeli tedarik zinciri problemini iş birliği kısıdını ekleyerek incelemiştir.

Tedarik zincirinde iki aşamalı olarak ele alınan problem türleri ve kullanılan yöntemlere dair bir literatür taraması yapılmıştır. Bu çalışmalara bakıldığında iki aşamalı tedarik zincirinin rotalama ve ağ tasarımı üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Kullanılan yöntemler açısından ise tam sayılı programlama ve sezgisel algoritmalar ağırlıklı olarak uygulanmıştır (Pichka ve ark., 2018; Amiri, 2019; Darvish, 2019; Pitakaso, 2020; Yu, 2020; Dellaert, 2021; Li, 2021). Bu çalışmada ele alınan iki aşamalı ilaç tedarik zinciri modeline en yakın problemler envanter modelleridir. Bu sebeple literatürde iki aşamalı envanter modelleri incelenmiştir. Hoadley ve Heyman (1977), perakende depoları arasındaki aktarmaları çalıştıran model iki aşamalı bir envanter modelini içermektedir. Lee (1987), iki aşamalı envanter kontrol probleminde acil durum aktarmalarının etkisini incelemiş ve aktarmaları kullanarak yüksek hizmet seviyelerinin sağlanabileceğini göstermiştir. Tagaras (1989)'da iki perakendeci ve bir depo içeren envanter model, sipariş düzeyine karar vermek için oluşan iki aşamalı bir dağıtım sistemi üzerine çalışmıştır. Tagaras, ürün kıtlığı durumunda kendi aralarında envanteri hareket ettirerek iş birliği yaparak işleyebilen tek bir merkezi depo ve birden fazla perakendeci satış noktası içeren iki aşamalı envanter sisteminin performansını incelemiştir. Hwang (2003) ise iki aşamalı bir dağıtım sistemindeki müşteri talebini artırmaya yönelik çalışma yapmıştır. Bir dönem içinde birden fazla müşteri talebine izin vermiş ve bunu genelleştirmek için bir model önermiştir. Hwang daha sonra iki aşamalı dağıtım sisteminde en uygun aktarma kuralları için yeni bir sistem tasarlamıştır (2010).

Sonucunda en iyi performansı gösteren aktarma kurallarının, perakendecilerin aktarma yapmak için gereken süreyi azaltma yeteneklerinin göz önünde bulundurularak tasarlanması olduğunu göstermiştir.

Nagaraju ve ark. (2015) ve Vijayashree ve Uthayakumar. (2017) iki aşamalı envanter modelinde en uygun envanter seviyesini elde etmek için sırasıyla bozulma, ceza ve satış fiyatı maliyetlerini dikkate alan bir model önermişlerdir ve tedarikçiler ve perakendeciler arasındaki koordinasyon sistemine odaklanarak bir algoritma geliştirmişlerdir. Ambekar ve Rohit. (2019) ve Esmaili ve ark. (2018) iki aşamalı envanter modelinde, envanter politikalarına ulaşmak ve optimal maliyetleri elde etmek için bir algoritma geliştirmişlerdir. Aria Nezhad ve ark. (2013) çalışmalarında, bir tedarik zincirinde bozulabilir ürünlerin envanterini kontrol etmek için gerçek koşullara ve verilere dayanan iki aşamalı bir model sunmuşlardır. Envanter problemlerinde çalışılan problemlere ek olarak hizmet düzeyi, dağıtım planları ve talepteki değişiklik sorunlarının problemin karmaşıklığını etkileyebileceği Beshara ve ark. (2012) ve Arnaout ve Maatouk (2010) çalışmalardan okunabilir. Bu çalışmalardan hareketle Rahdar ve ark. (2018), geliştirdikleri üç aşamalı envanter modelinde belirli kısıtları göz önünde bulundurmuşlar ve uygulanabilir bir modelin geliştirilebilmesi için talebin davranışı gibi değişkenleri varsayarak çalışmışlardır. Cachon (2001), stokastik taleplerle karşı karşıya olan tek tedarikçi ve N perakendeci ile iki aşamalı bir tedarik zincirinde envanter politikalarının rekabetçi ve işbirlikçi seçimini analiz etmiştir. Çalışmalarında, iş birliği stratejilerinin tedarik zinciri performansını iyileştirmede şirketlere yardımcı olabileceği sonucuna varmıştır.

Diğer çalışmalar, iki aşamalı yapıyı yedek parça envanter sisteminde (Rahmani ve ark., 2015; Berg ve ark., 2016; Topan ve ark., 2017), tedarik zinciri ağı tasarım problemlerinde (Cortinhal ve ark., 2015; Fattahi ve ark., 2015; Zhuge ve ark., 2016), kapalı döngü tedarik zincirlerinde (Zeballos, 2016) ve üretim-dağıtım problemlerinde (Canel ve ark. 2001) kullanmıştır. Bu çalışmalar, genelde üretim politikaları ve kısıtları gibi işlevsel ilerlemeler ve üretimle bağlantılı özel taşımacılık konularına yöneliktir (Mohamed ve ark. 2020).



İki aşamalı tedarik zincirinde yapılan diğer çalışmalardan Axsäter'in iki aşamalı envanter sorun sınıfı için basit çözüm prosedürlerini konu alan makalesinde (1990), bir depo ve N adet perakendeciden oluşan bir envanter sistemi ile ilgilenmiştir. Nakliye süreleri rastgele değildir. Perakendeciler de sabit ve bağımsız Poisson dağılımını izleyen talebe sahip olduğu varsayılmıştır. Tamamlanamamış talep geri yüklenmekte ve burada oluşan eksiklik maliyeti, teslimata kadar geçen sürenin doğrusal bir fonksiyonu olmaktadır. Başka bir şekilde, net envanter negatif olduğunda net envanterin zaman içindeki ortalaması olarak da hesaplanabilir. Ayrıca, yeni mal alma süreci bire bir ikmal politikalarıyla sınırlandırılmıştır. Bu da sipariş maliyetlerinin düşük olması ve göz ardı edilebileceğinin varsayılması anlamına gelmektedir. Axsäter (1990) bire bir sipariş için kesin bir değerlendirme sağlamıştır ve Axsäter (1993), aynı perakendecilerle toplu siparişte bu değerlendirmeyi sağlamak için bu yöntemi genişletmiştir. Toplam tedarik zinciri maliyetlerini, yani optimal politikaları en aza indiren yeniden sipariş noktası politikalarını değerlendirmiştir. Bu makale Axsäter'in (1990) yöntemini uygulamakta, böylece politikalar tam olarak değerlendirilmektedir. Optimum yeniden sipariş noktası politikaları bulunmaktadır. Alfredsson ve Verrijdt (1999), Axsäter'in (1990) modelini, hiçbir talebin ön sipariş edilmemesi için merkezi bir depo ve bir üretim tesisinden yapılacak acil sevkiyatları kullanarak genişletmiştir. Sevkiyat esnekliğini kullanmanın, önemli maliyet düşüşleri sağladığını bulmuşlardır.

Sherbrooke'un iyi bilinen METRIC modeli, kurtarılabilir öge kontrolü için çok aşamalı teknik (1968) olarak adlandırılmaktadır. Perakendecilerdeki olağanüstü siparişleri Poisson rasgele değişkenlerine yaklaştırmaktadır. Bu varsayım aynı zamanda depo geri yükleme seviyesinin farklı politikalarda basit bir şekilde değerlendirilmesine izin verdiği anlamına gelmektedir. Burada vurgulanması gereken nokta, karar verme için yönetim alternatiflerinin bu şekilde gösterilmesinin, sürekli olarak optimal kararlar üretmek için hesaplama yapan bir modelden daha uygun olduğudur. Andersson ve Melchior's'un (2001) Kayıp satışları olan iki aşamalı bir envanter modeli adlı makalelerinde, tedarik zinciri üyeleri olan bir depo ve birden fazla perakendecide envanter kontrol politikası (S-1, S) olduğunda ve perakendecilerde karşılanmamış talepler kayıp satış olduğunda bu kayıp durumu için

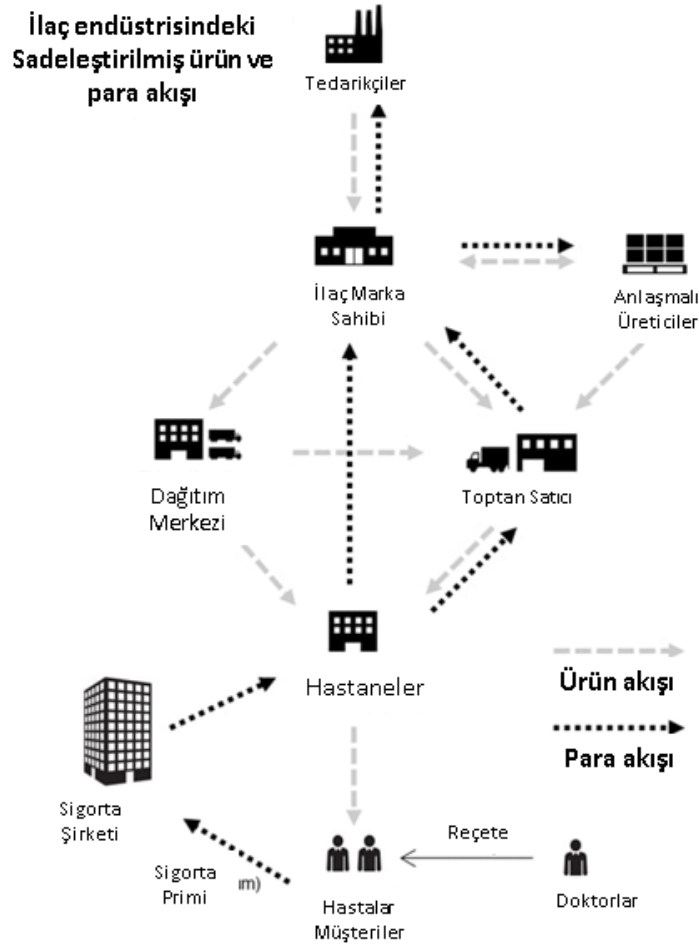
METRIC yaklaşımını ilk basamak olarak kullanarak, maliyete dayalı temel stok politikaları bulmak için bir sezgisel yöntem sunulmuştur ve yaklaşık bir yöntem önermişlerdir. Çalışmalarında gerçek hayattaki durumlara bakılmış ve perakendecilerin rekabetçi bir piyasada, daha hızlı ulaşılabilir ürünleri olan başka bir firmaya yönlendikleri belirlemişlerdir. Bu nedenle kayıp satış olarak modelleme yapmanın daha doğru sonuç vereceği üzerine durmuşlar, ayrıca sayısal bir çalışma ile Genel çözümü elde etmek için depo ve perakendecideki yaklaşık maliyetleri kullanmışlardır. Ortalama olarak sezgisel yöntem ile elde edilen çözümün (S-1, S) politikasından %0.40 daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Sherbrook'un çalışması, Muckstadt (1973) tarafından iki aşamalı, iki sözleşmeli sistem üzerine çalışan alan MOD-METRIC modeline genişletilmiştir.

Graves (1985), tamamlanmamış perakendeci siparişlerini açıklamak için ortalama ve varyans değişkenlerini tahmin ederek METRIC yaklaşımını VARI-METRIC adı ile genişletmiştir. En uygun envanter politikasını belirlemek için negatif binom dağılımını bu parametrelere uydurmuştur. Bir perakendecideki ödenmemiş siparişlerin hem ortalamasını hem de sapmasını tam olarak belirlemiştir. Bu iki değişkenli yaklaşımın sonuçları genel olarak METRIC yaklaşımından daha doğru çıkmıştır (Knofius, (2019). Bire bir ikmal ile onarılabılır bir ürün için çok aşamalı envanter modeli isimli bu makalede, test grupları oluşturulmuş ve her bir tesisteki net envanter seviyesinin kararlı durum dağılımını bulmak için bir model üzerinde çalışılmıştır. Bu model, arızaların bileşik bir Poisson işlemi tarafından üretildiğini varsaymaktadır. Model, bu sistemler için mevcut modellerle karşılaştırılmış, tam modele dayanarak, onarım deposunda geniş sunucular bulunan bir yaklaşım sunulmuştur. Bu yaklaşım bir dizi senaryo yapılarak, doğruluğu test edilmiş ve iyi sonuçlar bulunmuştur. Graves'in (1985) yaklaşımına dayanarak, Sherbrooke (1986), MOD-METRIC modelini, ikmaldeki öge sayısı için daha doğru karar veren iki-momentli yaklaşımı geliştirmiştir. Ortaya çıkan bu yaklaşım, VARI-METRIC olarak adlandırılmaktadır ve ön siparışli çok aşamalı, çok girdili sistemlere uygulanabilmektedir. Lee (1987), Sherbrooke (2004), Muckstadt (2005) ve Houtum ve Kranenburg (2015) de bu yaklaşım üzerine çalışmışlardır.

## 2.1. İlaç Tedarik Zinciri'nde İki Aşamalı Çalışmalar

İlaç tedarik zinciri ham maddelerle başlamakta ve hastanın ürünü mağazadan satın alması ile bitmektedir. Ürünler doğrudan üreticiden mağazaya gitmemektedir, yol boyunca pek çok mola vermektedirler. Her adımda zorluklar ve prosedürler bulunmaktadır ve TZY yöneticileri ürünün zamanında teslim edilmesini sağlamaya çalışmaktadırlar. Yöneticiler, ürünün zamanında ulaşmasını sağlamak için fiyatlandırma ve sipariş optimizasyon programları kullanmaktadırlar. İlaçların üretimi ve paketlenmesi birden fazla tesiste gerçekleşmektedir. İlaç malzemeleri teslim edildikten sonra nihai ürün parçalar halinde oluşturulmaktadır. Daha sonra ilacın çeşidine göre farklı bir üretici bu parçaları bir araya getirmekte ve bir ürün elde etmektedir. Tamamlanan ürünler, paketlenme ve nakliye için başka bir TZY üyesine gönderilebilmektedir. Sevkiyat satış yerlerine veya hastanelere yapılmaktadır.

Şekil 2.2.'de İlaç TZY'nin para ve ürün akışı gösterilmiştir. İlaçlar için malzeme ve para akışı diğer endüstrilerden farklıdır, tedarikçiden hastaneye ya da eczaneye kadar olan ilk kısım oldukça klasik bir örüntü izlese de ayrıntılara bakıldığında farklılıklar bulunmaktadır. İlaç TZY'de, tüm ürünler, folyo gibi tüm içerikler, terazilerden paketlenme hatlarına kadar bütün ekipmanlar ve süreci yöneten veya ürün kalitesini etkileyen yazılım ve donanımlar için tedarikçi yeterliliği gereklidir. Sözleşmeli, fason üreticiler de üretim sürecine girmekte ve önemli rol oynamaktadırlar. Birçok ilaç şirketi sahibi, ilaçlar için aktif bileşen, paketlenme malzemeleri gibi hizmetleri dışarıdan temin etmektedir. Bazı fason üreticiler, yalnızca paketlenme veya steril şekilde paket doldurma gibi belirli üretim adımlarında uzmanlaşmışlardır.



Şekil 2.2. Basit bir ilaç tedarik zinciri örneği (SAP, 2013)

İlaç TZY’de ürünler, toptancılar veya dağıtım merkezleri aracılığıyla dağıtılırken, dağıtım merkezleri ilaç üreticisi veya üçüncü taraf lojistik sağlayıcı tarafından yönetilebilmektedir. Özellikle daha küçük bölgelerde veya soğuk zincir yönetimi gibi özel gereksinimler devreye girdiğinde, İlaç TZY’nin doğru planlanması giderek daha önemli hale gelmektedir. İlaç TZY’de nihai satış noktası hastaneler ve eczanelerdir. Burada ülkelerin politikalarına göre son derece farklı manzaralar ve süreçler görülmektedir. ABD pazarına büyük eczane perakende zincirleri hâkim olsa da, Türkiye ve Almanya gibi ülkelerde yalnızca küçük özel eczanelere izin verilmektedir. İlacın tüketiciye dağıtıldığı tedarik zincirinin son adımı bölgeye göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Avrupa’da eczaneler, orijinal paketi toptancıdan aldıkları gibi dağıtmaktadır ve bu paketler tüketici boyutundadır, örneğin

paket başına 20 tablettir, bu nedenle olduğu gibi satılmaktadırlar. ABD pazarında ise satılabilir üniteler çok daha büyüktür, örneğin 1000 tablet içeren ürünler bulunmaktadır. Bu üniteler eczanede açılmakta ve reçetenin gerektirdiği şekilde daha küçük miktarlarda dağıtılmaktadır. Yani bir eczane, reçetede yazıyorsa otomatik bir tablet sayacı ile 30 adet ilaç saymaktadır.

İlaç TZY’de tüketiciye yapılan nihai satış da diğer endüstrilerden önemli ölçüde farklıdır. Klasik tüketici ürünlerinde tüketici, karar veren, ödeme yapan ve nihayetinde ürünü tüketen kişidir. Böylece aynı kişi, tercih ve maliyete göre bir ürün seçebilir ve ikisi arasında denge kurabilmektedir. Bununla birlikte, ilaç ürünleri bir doktor tarafından reçete edilir ve genellikle sigorta tarafından doğrudan veya hasta iadesi olarak ödenmektedir. Eczacılık, muhtemelen özel bir ürüne karar veren kişinin, ürün için ödeme yapan kişinin ve nihai olarak onu tüketen kişinin farklı olduğu tek tüketici ürünleri sınıfıdır. Yani karar verecek olan hekimdir; ancak hekimler hem hastadan hem de sigorta şirketinden etkilenmektedir. Tüketici belirli bir markanın reklamını görmüş olabilmekte veya internette bilgi bulmuş olabilir ve bu bilgileri belirli bir ürün için reçete almak için kullanabilmektedir. Öte yandan, sigorta şirketleri bir doktoru daha düşük maliyetli ürünler, örneğin jenerik ilaçlar reçete etmesi için teşvik edebilmektedir hatta bir doktorun bir ağın parçası olması durumunda yalnızca belirli ürünlerin reçete edilmesine izin verebilmektedir (SAP, 2013).

İlaç TZY yukarıdaki iki aşamalı modellerde geçen problemleri çözmeye çalışmakla birlikte, müşterilerin de isteklerine hızlı cevap vermeyi hedeflemektedir. Bu gibi problemler kurumsal sosyal sorumluluk adı altında geçmektedir. Örneğin, Hosseini-Motlagh ve ark. (2019), üreticinin kalite çabası, sosyal sorumluluk ve periyodik gözden geçirme kararları ile bağlantılı olarak, iki aşamalı bir ilaç tedarik zincirini çalışmıştır. Burada katılımcıların arasındaki sosyal karar verme sürecinde iş birliğini araştırmıştır.

Aynı zamanda bu çalışmada esas alınarak kullanılan Nematollahi ve ark. (2017)’nin makalesi, iş birliği ile karar verme yaklaşımı kullanarak periyodik gözden geçirme

envanter sistemi altında iki aşamalı merkezi olmayan bir tedarik zinciri probleminin koordinasyonunu incelemiştir.

İlaç tedarik zincirlerindeki iki aşamalı çalışmalar arasında, sağlık endüstrilerinde gerçekçi sorunlar altında birden fazla ilaç için iki aşamalı bir tedarik zinciri envanter modelini ele alan Uthayakumar ve Priyan'ın (2013) çalışması bulunmaktadır. Bir ilaç şirketi ve bir hastane tedarik zinciri için sürekli gözden geçirme yöntemini kullanarak bütünleşmiş bir üretim-dağıtım envanter modeli kullanmıştır. Birden çok ürün, değişken teslim süresi ve değişken alan kullanılabilirliği ile müşteri hizmet seviyesi ile ilgili kısıtlamaları dikkate almıştır. Guerrero ve ark. (2013) ise bir Üniversite Tıp Merkezinde tek depolu, n-perakendecili dağıtım sisteminin gerçek bir vakası için envanter kontrol politikası bulmak için bir yöntem sunmuştur. Çalışmalarında, stokastik talep, acil durum ikmalleri ve hedef hizmet seviyesi kısıtlamalarını dikkate almışlardır. Modelin amacı, sağlık hizmetleri endüstrisinin talep ettiği özel kısıtlamalar ve işlemsel farklılıklar dahil olmak üzere tedarik zincirinin envanter politikasını optimize etmektir. Kim (2005), envanter kontrolünü optimize etmek ve sağlık sektöründeki ürünlerin malzeme işleme maliyetlerini azaltmak için bütünleşmiş bir TZY sistemi tasarlamıştır. İncelenen tedarik zinciri ilaç firmaları, bir toptancı ve hastaneden oluşmaktadır. Önerilen TZY sistemi tarafından sağlanan gerçek zamanlı bilgi paylaşımı, toptancı tarafından talebin daha doğru tahmin edilmesine yardımcı olmuştur ve ürünlerin toplam tedarik zinciri maliyetini %30'dan fazla azaltmıştır. Malezya'da özel sağlık sektöründe envanter yönetimini değerlendiren Mustafa ve Potter (2009), makalelerinde, envanter ve teslimat yönetimi sürecine odaklanmıştır. Bir toptancı ve bir tıbbi klinik zinciri ile önde gelen bir sağlık hizmeti şirketinde zayıf envanter kontrol yöntemi ve toptancıda yetersiz stok mevcudiyeti problemlerini bulmuşlardır. İşletme maliyetini düşürmek ve müşteri hizmet seviyesini artırmak için, mevcut envanter yönetimine, satıcı tarafından yönetilen envanter yaklaşımını uygulamışlardır. Dört aşamalı bir yeşil tedarik zincirinin güvenilirliğini artırmak için Moslemi ve ark. (2017) her hastane için ürünlerde önceliğe odaklanmıştır. Zandieh ve ark. (2018), yerel ve ana tedarikçilerdeki işsizlik oranını bölgesel faktörler olarak dikkate almıştır. Makalenin amacı toplam maliyeti ve çevresel gaz emisyonlarını en aza indirmek ve sosyal refahı

en üst düzeye çıkarmaktır. Bunun için dört kademeli bir tedarik zinciri üzerinde çalışmışlardır. Weraikat ve ark. (2016), müşteri teşvikleri yardımıyla artan ilaçların geri dönüşünü kolaylaştırma üzerine çalışma yapmışlardır. Geri dönüşlerin İlaç TZY'nin sürdürülebilirliğini iyileştirme üzerindeki etkisini bulmak için bir tersine tedarik zinciri önermişlerdir. Kapalı döngü TZY hem ileri hem de geri tedarik zinciri ağlarını bütünleşmiş bir şekilde ele almaktadır. Bu konuda ve özellikle yeşil kapalı döngü tedarik zinciri ile ilgili makaleler yayınlanmıştır. Örneğin, iki aşamalı kapalı devre tedarik zincirinde çoklu araç rotalama üzerine yazan Govindan ve ark. (2014), çabuk bozulabilirliğin İlaç TZY problemlerinin bir boyutu olduğunu öne sürmektedir. Sazvar ve ark. (2021), üreticinin marka ve atık yönetimini göz önünde bulundurarak ilaçlar için iki aşamalı sürdürülebilir kapalı devre tedarik zinciri tasarlamıştır.

İlaç tedarik zincirinde yapılan güncel çalışmalara bakıldığında, Arana ve ark. (2020) ilaç tedarik zincirinde iki aşamalı bir envanter sistemi geliştirmiştir. Sharma ve ark. (2020), ilaç üretimi, depolama ve ilaç TZY'de IoT'yi tanıtmıştır. Nasrollahi ve Razmi (2021), belirsizlik altında maksimum kapsama sahip ilaç TZY tasarlamak için matematiksel bir model geliştirmiştir. Abbasi ve ark. (2021), bir ilaç dağıtım ağına yapılan bir uygulama üzerine çalışmıştır. Badhotiya ve ark. (2021), ilaç TZY'de blok zinciri teknolojisinin benimsenmesini ele almıştır. Costantino (2021), ilaç TZY ve burada eczacının rolünü incelemiştir. Kshetri (2021), sağlık ve ilaç TZY çalışmıştır. Livingston ve Mattingly (2021), ilaç ve tıbbi cihaz ürün arızalarını ve ilaç TZY'nin stabilitesini incelemiştir. Sood ve ark. (2021), "İlaç tedarik zincirindeki şirketler fazla getiri elde ediyor mu?" sorusunu yanıtlamıştır. Tat ve ark. (2021), ilaç TZY'de sosyal sorumluluğu ele almıştır.

Tablo 2.1.'de bulunan incelemelerden hareketle, iki aşamalı problemlerin optimizasyon sistemlerinde ve bu çalışma için, özellikle İlaç TZY'de hala çözüm arayışı süren bir konu olması bu çalışmada konu edinilmesine sebep olmuştur. Bu çalışma iki aşamalı ilaç tedarik zincirinde sosyal iş birliği modelini ekonomik iş birliği ve geleneksel yöntem olan dağınık merkezli ve merkezi yöntemler ile karşılaştırmaktadır.

Tablo 2.1. Literatürde ilaç tedarik zincirine katkı sağlamış çalışmalar

Yazarlarının Katkıları	Metodolojisi	Yazar/yıl
Küresel ilaç tedarik zincirlerinde dış kaynak kullanımı risklerini değerlendirmek için bir çerçeve	AHP	Enyinda ve ark. (2009)
İlaç Endüstrisinde Değerlendirilen lojistik tedarik zinciri riskleri	Olasılık etki matrisine dayalı bir metodoloji	Ouabouch ve Amri (2013)
İlaç tedarik zincirinin geliştirilmiş risk değerlendirme çerçevesi	AHP	Jaberidoost ve ark., (2015)
Malezya ilaç endüstrisi tedarik zinciri dayanıklılığını artırmak için bir çerçeve	Kavramsal model	Aigbogun ve ark., (2014)
İlaçlardaki riskler için tanımlayıcı ve uygulamaya dayalı bir yaklaşım	Kombine tanımlayıcı ve tedarik zinciri uygulama tabanlı yaklaşım	Elleuch ve ark., (2014)
İlaç tedarik zincirlerinde lojistik dış kaynak kullanımı için bir risk değerlendirme yaklaşımı	ELECTRE TRI	Mokrini ve ark. (2016a)
İlaç tedarik zincirinde dış kaynak kullanımı riskleri	Fuzzy AHP PROMETHEE	Mokrini ve ark. (2016b)
Envanter, kapasite ve ikili kaynak sağlama yönlerini göz önünde bulundurarak ilaç tedarik zincirlerinde direnç oluşturma	Matematiksel model	Lücker ve Seifert (2017)
Takas edilecek ve en aza indirilecek tedarik zinciri tasarım sorunları incelenerek ilaç ve gıda tedarik zincirlerindeki riskler	İki aşamalı bir stokastik programlama modeli	Pariazar ve ark., (2017)

İlaç TZY sektörünün karşılaştığı temel sorunlar, eldeki ürün kapasitesi ile tasarım aşamasında beklenen talep arasında denge kurma ihtiyacı ve operasyon aşamasında müşterilerin ihtiyaçlarını karşılayabilme seviyesi zorluğudur. Günümüzde endüstriyel ortamlarda geliştirilen teknik ve yöntemleri uygulayarak TZY uygulamalarını benimseyen birçok sağlık kuruluşu kendi sistemlerinin ihtiyaçlarını



karşılaman ve önceliklerine karşılık gelen uygun iki veya çok aşamalı envanter sistemi geliştirilmesi gerekmektedir.

Literatür taramasından hareketle bu tez çalışmasında Nematollahi (2017)'nin iki aşamalı ilaç tedarik zinciri modeli referans alınmıştır. İş birliği modelleri ilk olarak Nematollahi (2017)'nin çalışmasında matematiksel olarak uygulanmış ve bu tez çalışması ile ilk kez aynı model genetik algoritma ile çözülerek kıyaslanmıştır. Problem GA uygulanması yapılarak Nematollahi (2017)'nin sonuçlarından daha yüksek kâr elde edilmiştir. Nematollahi (2017)'nin çalışmasından farklı olarak model farklı senaryolarda çalıştırılarak kıyaslanmıştır. Çalışma ile bu kapsamda literatüre iki aşamalı ilaç tedarik zincirlerine iş birliği modellerinde ilk GA uygulaması ile katkı sağlanması beklenmektedir.

## **BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM**

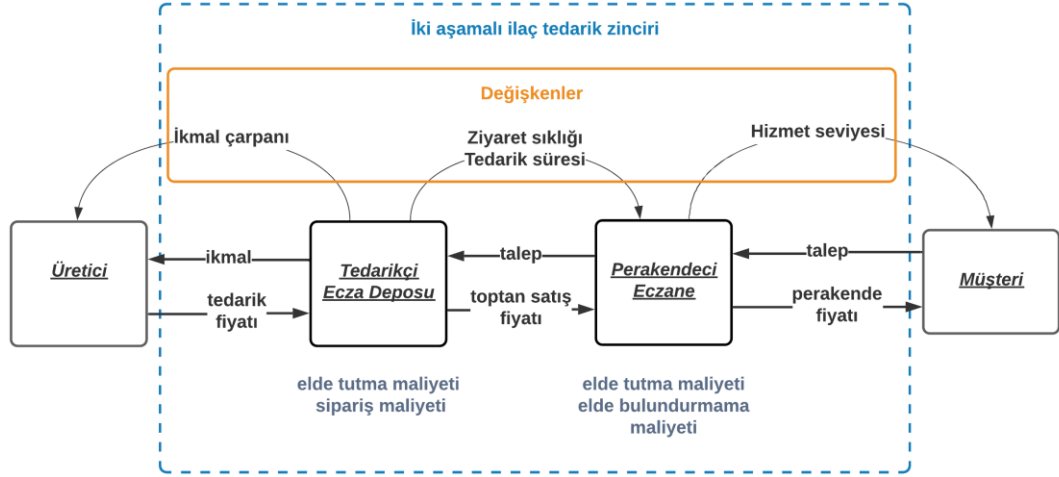
### **3.1. İki Aşamalı İlaç Tedarik Zinciri Problemi**

İlaçların sağlık sistemlerinde kullanım alanı çok geniştir. İlaç TZY'nin ilaçları hastalara doğru zamanda ve yerde ulaştırmak için etkin bir organizasyona ihtiyacı bulunmaktadır. İlaç tedarik zincirinde sorunlar dört ana bileşenden oluşmaktadır, bunlar: hammadde temini, ilaç üretimi, ilaç dağıtımı ve ilaç satışlarıdır. Bunlara ilave olarak ithal bileşenler, hizmet seviyesi, teslim süresi gibi problemler de ortaya çıkmaktadır. İlaç tedarik zinciri kısaca müşterilerin güvenilir ve hızlı hizmeti ve yüksek kaliteli ürünleri minimum maliyetle alabilecekleri bir yapı olarak tanımlanmaktadır.

Son alıcı, yani hastaya karşı en önemli etkiye sahip kriter teslimat sürelerine uyulmaması nedeniyle ortaya çıkan düşük hizmet seviyesi olarak gösterilmektedir (Almaktoom ve ark., 2014). Tedarikçiler, müşteriler, ithalat süresi, tedarik zincirinin riskleri gibi çeşitli faktörler tedarik süreleri ve hizmet seviyesi kriterlerinden etkilenmektedir. Ayrıca stok yönetimindeki strateji yetersizliği; sipariş miktarı ve teslimat süresinin zincirdeki esneklikten etkilenmesi ve bunların da ekonomik bir etkiye neden olması ilaç TZY'de öne çıkan başka bir sorundur (Chaudhary ve ark., 2018).

Yukarıda belirtilen temel problemleri dikkate alarak bu çalışmada ele alınan ilaç tedarik zinciri modeli iki aşamalı ayrı birleşenden oluşmaktadır. Bir tedarikçi, bir perakendeci ve bir üründen oluşan iki aşamalı bir tedarik zinciri üzerinde modelleme yapılmıştır. Şekil 3.1.'de gösterilen iki aşamalı ilaç tedarik zincirinde sosyal iş birliği modeli, ekonomik iş birliği modeli, geleneksel yöntemlerden olan dağıtık merkezli yöntem ve merkezi yöntem ile karşılaştırılmaktadır. Modelin amacı tedarikçi ve perakendecinin kârını en büyükleyerek hizmet seviyesini yüksek tutmaya

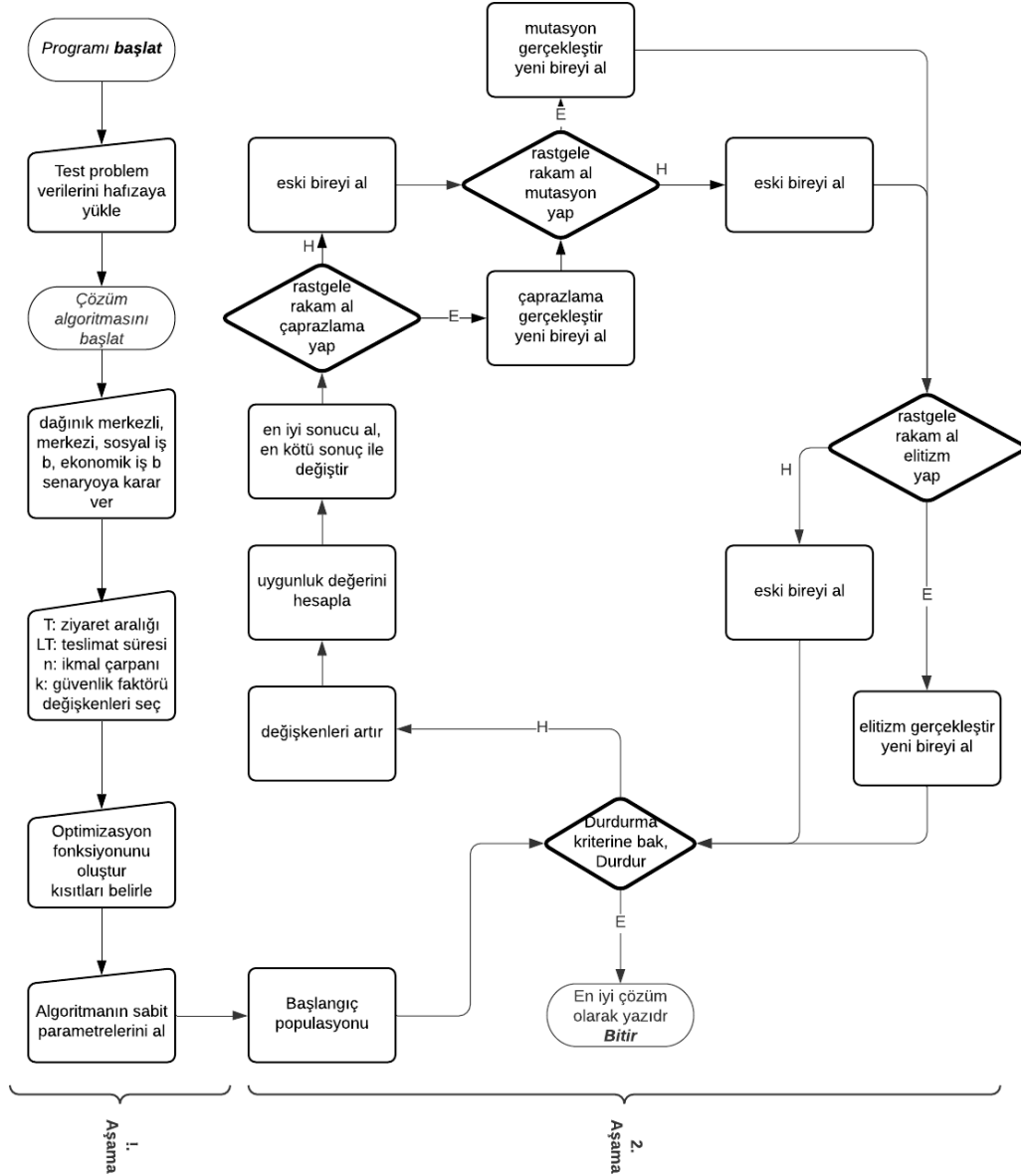
çalışmaktır. Bunu yaparken tedarik fiyatı, toptan satış fiyatı ve perakende fiyatı dikkate alınarak ikmal çarpanı, ziyaret sıklığı, tedarik süresi ve güvenlik faktörü değişkenleri kullanılarak farklı senaryolar üzerinde model çalıştırılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan iki aşamalı ilaç tedarik zinciri

Problemin çözüm aşamaları Şekil 3.1.'de gösterildiği gibi temel iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada dört farklı modelden biri (dağınık merkezli, merkezi, ekonomik ve sosyal iş birliği modelleri) seçilerek değişkenler belirlenmiştir ve böylece problemin girdi değişkenleri ve sabitleri elde edilmiştir. Kullanılacak amaç fonksiyonu her problemin farklı değişkenlerden oluşmasından dolayı değişiklik göstermektedir. Perakendeci ve dağıtıcı düzeyinde kâr, alış satış fiyatları, elde tutma ve sipariş maliyetleri kullanılarak hesaplanmıştır. Optimizasyonun amacı, satış ve dağıtım sırasında ortaya çıkan toplam kârı en büyükmektir. Bu sebeple amaç fonksiyonu ve kısıtlar da bu aşamada tanımlanmaktadır. Aynı zamanda taleplere de karar verilerek algoritmaya sabit olarak girilecek değerler alınmakta ve böylece ikinci aşama olan GA çözümü için başlangıç popülasyonu oluşturulmaktadır. İkinci aşama olan GA çözümünde durdurma kriterine göre algoritma sırayla uygunluk değerini hesaplamakta, bireylere çaprazlama yapmakta, bireyleri mutasyona uğratmakta ve bireylere elitizm uygulamaktadır. Optimizasyon problemi aynı zamanda GA'nın gereksinim duyduğu uyum fonksiyonunu karşılamaktadır. Çalışmanın adımlarında mutasyon, çaprazlama ve elitizm seçenekleri 0 ile 1 arasında

rassal bir oran ile belirtilmiştir (0: hiçbirine uygulama, 1: hepsine uygula). Örneğin %0,99 oranında mutasyon seçildiğinde, 100 bireyden oluşan nüfusun sadece 1 tanesi mutasyona uğramamaktadır. Durdurma kriteri ise bu çalışma için en fazla çevrim sayısı ve iyileştirme olmadan geçen çevrim sayısıdır. Aynı zamanda bireyler verilen kısıtlarla kontrol edilmektedir.



Şekil 3.2. Çalışmanın çözüm adımları

Çalışılan sistemde, ilaç perakendecisi aşamasında satış gerçekleşmektedir ve karşılaşılan talep stokastiktir ve sipariş dönemleri ilaç tedarikçisinin ziyaret sıklığına

göre belirlenmektedir. İlaç perakendecisi bu ziyaret sıklığını göz önünde bulundurarak periyodik gözden geçirme envanter sistemi kullanmaktadır.

İlaç tedarikçisi aşamasında ise sabit aralıklarla sipariş alınmakta ve sipariş ilaç perakendecisine sabit bir ikmal süresinden sonra teslim edilmektedir. Bu şekilde çalışan sistemler eczaneler, süpermarketler, manavlar ve benzeri birçok alanda gözlemlenebilmektedir (Karimi-Nasab ve Konstantaras, 2013).

İlaç perakendecisi yani eczacı için karar değişkeni hizmet seviyesidir. Hizmet seviyesi, seçilen sipariş seviyesine göre belirlenmekte ve İlaç TZY satış hacmini etkileyerek ilaç tedarikçisinin kârlılığını etkilemektedir. Diğer yandan ilaç tedarikçisi, ziyaret periyoduna karar vermektedir. Ziyaret periyodu, eczacının envanter gözden geçirme süresini belirlemekte ve dolayısıyla eczacının envanter maliyetlerini etkilemektedir.

Bir TZY’de tedarikçi perakendeciye göre daha güçlü bir konumda ise tedarikçi perakendecinin envanterlerini ne zaman dolduracağına karar verebilmektedir. Türkiye’de küçük marketlerin ikmal sistemi bu şekildedir (Ertogral ve Rahim, 2005). Böyle bir durumda, eczacının envanter gözden geçirme süresi tedarikçisinin teslimat süresi tarafından belirlenmektedir.

Bu çalışmada incelenen tedarik zinciri probleminde karar değişkenleri, tedarikçi için ziyaret aralığı, ikmal çarpanı ve teslim süresi; perakendeci için güvenlik faktörüdür. Güvenlik faktörü  $k$ , hizmet seviyesini belirlemek için kullanılmaktadır. İlaç tedarikçisinin ziyaret aralığını ve perakendecinin hizmet düzeyini belirlemek, yalnızca kendi kârlılıklarını etkilemekle kalmamakta, aynı zamanda karşılıklı kârlılıklarını etkilemektedir. Bu kararlar ile ek olarak hastalar da etkilenmektedir. Bu sistemde hizmet seviyesinin yanlış belirlenmesi durumunda sonuç olarak sağlık sistemini olumsuz etkileyecek olan ilaç kıtlığı ile karşı karşıya gelinmektedir.

### 3.2. Varsayımlar

Bu çalışmada aşağıdaki varsayımlar dikkate alınmıştır: İlaç pazarı birim zaman başına olasılıklıdır ve talep normal dağılıma sahiptir. Eczane, kısmi ön siparişe ilgili herhangi bir satışla karşı karşıya değildir. Kayıp satış olsun ya da olmasın, her eksik envanter birimi için itibar kaybı vardır. İlaç tedarikçisinin iki ardışık ziyareti arasındaki aralık, sabit bir sayı olduğu varsayılan  $T$ 'dir.  $T$ , birbirini takip eden iki siparişin verilmesi arasında değil, birbirini takip eden iki siparişin gelişi arasındaki süre olarak kullanılmıştır. Eczane, ilaç dağıtıcısının belirlediği ziyaret aralığına dayalı periyodik bir inceleme envanteri politikası ( $T, S$ ) kullanır. İlaç dağıtıcısı geldiğinde, eczanedeki envanter pozisyonu, envanter ile ön siparişler arasındaki farka eşit olan  $s$ 'ye eşittir. İlaç tedarikçisi, alınan siparişi, sabit bir teslimat süresi ( $LT$ ) dolduktan sonra eczaneye teslim eder. Genellikle bir veya birkaç bekleyen emir vardır. İlaç tedarikçisinin ziyaretinin maliyeti  $s$  ve  $T$  değişkenlerinden bağımsızdır. Sistemde ürün çeşitliliği yoktur ve herhangi bir döngüde birden fazla bekleyen sipariştan kaçınmak için teslim süresi uzunluğu  $LT$ , döngü uzunluğu  $T$ 'den daha azdır.

### 3.3. Varsayımsal Deneyler

Bu çalışmada geliştirilen program, karar vericilerin varsayımsal bir dağıtım yapılandırmasına izin vermektedir. Aynı zamanda kullanıcının senaryo ayarlarını uyarlamasına ve ardından probleminin optimizasyon işlemlerini çalıştırmasına olanak tanımaktadır. Bütün bu esneklikler ile bu senaryolar gerçek hayattaki verilere uygulandığında sonuçların ne olacağını değerlendirmek mümkün olmaktadır. Kullanıcının senaryo oluşturup varsayımsal deney yapabileceği bazı faktörler, ani olaylara optimum tepki verilmesi, siteme perakendeci veya tedarikçi eklemesi ya da ürün değişikliği yapılması olabilmektedir. Yazılım kullanıcının varsayımsal üretim yapılandırmasına izin verir. Kullanıcının raporlarını görüntülemesini sağlamaktadır.

### 3.4. Dağıtık Merkezli, Merkezi, Ekonomik ve Sosyal İş Birliği Modellerinin Tanımlanması

Geleneksel TZY yapısında, üyeler karar değişkenlerine dayalı olarak kendi kârlarını maksimize etmeye çalışmaktadırlar. Bu ortamda, ilaç tedarikçisi lider olarak hareket ettiği varsayılmakta ve ilaç perakendecisi takipçi olarak tepki vermektedir. Bu nedenle, iki üye arasındaki bu etkileşim bir Stackelberg oyunu aracılığıyla modellenmektedir. Envanter seviyesi her T biriminde bir gözden geçirilmekte, sipariş üst seviyesi S'ye tamamlayacak yeterli bir ürün miktarı sipariş edilmekte ve sipariş LT birim süresinden sonra gelmektedir. Montgomery ve ark. tarafından (1973) periyodik gözden geçirme çalışmasına ilişkin bir tartışmada, T gözden geçirme periyodu, iki ardışık siparişin verilmesi arasında değil, birbirini takip eden iki siparişin gelişi arasındaki zaman olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada optimize edilmeye çalışılan problemler, geleneksel TZY'de dağıtıcı ve perakendecinin kârlarını dört farklı senaryo ile hesaplayıp iki aşamalı model önce Stackelberg oyun modeli ile sonra da ekonomik iş birliğine dayalı karar verme ve Sosyal iş birliğine dayalı (müşteri odaklı) karar verme modellerine uygulanmıştır. Karar değişkeni olarak güvenlik seviyesi, sipariş teslim periyodu, sipariş teslim süresi ve stok yenileme çarpanı alınmıştır.

Literatürde yaygın olarak kullanılan De bodt ve Graves (1985)'in modelindeki gösterimlere ilave olarak bu tez çalışmasında Tablo 3.1.'de gösterilen simgeler dört farklı model için kullanılmıştır.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan gösterimler

Sembol Açıklama		
T	ilaç tedarikçisinin ziyaret aralığı $T_{max} = 14.0$ , hükümet idaresi tarafından izin verilen maksimum süre uzunluğu.	<b>Karar</b> <b>değişkeni</b>
LT	sipariş bekleme süresi	<b>Karar</b> <b>değişkeni</b>
$\mu$	Ortalama talep normal dağılım / zamanı takip eder	
$\sigma$	Normal talep / zaman dağılımı ile standart sapma	

Tablo 3.1. (Devamı)

<b>Sembol Açıklama</b>		
hr	Perakendecide birim zamanda stok tutma maliyeti	
hs	tedarikçi birim zamanda stok tutma maliyeti	
cs	ilaç tedarikçisi çökme maliyeti. Her sipariş için maliyet. / Her ziyaret için ilaç tedarikçisinin dağıtım ve nakliye maliyeti	
a	kayıp satış oranı	
p	perakendeci satış fiyatı / birim ilaç	
w	Toptan fiyat / birim ilaç	
m	tedarikçi satış fiyatı / birim ilaç	
sh	İlaç perakendecisinin itibar kayıp maliyeti	
A	İlaç tedarikçisinde siparişte sipariş maliyeti	
n	İlaç tedarikçisinin ikmaller için bir tedarik çarpanı vardır	<b>Karar</b> <b>değişkeni</b>
S	İlaç perakendecisinde sipariş düzeyi	
s	İlaç perakendecisinde yeniden sipariş noktası	
k	ilaç perakendecisindeki güvenlik faktörü	<b>Karar</b> <b>değişkeni</b>
SL	ilaç perakendecisinin hizmet seviyesi	
err	İlaç tedarikçisine aktarılan sosyal iş birliği tazminatı	<b>Karar</b> <b>değişkeni</b>
X	$\mu / (T + LT)$ ve standart sapması $\sigma\sqrt{(T + LT)}$ olan normal dağılımı takip eden ilaç için, koruma aralığı talebi	
EP	Beklenen kâr / zaman	<b>Amaç</b> <b>Fonksiyonu</b>

Eczacıya talep varsayımı, talebin normal dağılıma uygun olduğu varsayılarak hesaplanır.  $D$ ,  $\mu(T+LT)$ ; standart sapma,  $\sigma\sqrt{(T+LT)}$  'ye eşittir.

$S$ , güvenlik stoğu içeren sipariş seviyesinin bir fonksiyonudur. Aşağıdaki denklemdeki gibi,  $S = SS + D$  olarak hesaplanır,

$$S (\text{güvenlik stoku}) = \mu(T + LT) + k\sigma\sqrt{(T + LT)} \quad (3.1)$$

Burada  $k$  güvenlik faktörünü,  $T$  ziyaret sıklığını,  $LT$  teslim süresini,  $\mu$  ve  $\sigma$  ise talebin ortalaması ve varyansını temsil etmektedir.



Amaç fonksiyonunda bir stok tükenme maliyeti yazmak yerine, modele döngü başına stok bitimi seviyesinin sınırlandırılmasını sağlayan bir hizmet seviyesi kısıtlaması k eklenir (Ouyang, 2000). Öncelikle koruma aralığının (yani gözden geçirme süresi artı teslim süresi  $[T+LT]$ ) talebinin normal bir dağılımı izlediğini ve en uygun sipariş politikasını bulduğu varsayılır. Koruma aralığı talebi  $X$ 'in normal bir dağılım izlediği göz önüne alındığında, iki ardışık ikmal arasında beklenen ürün kıtlığı yaklaşık olarak şu şekilde hesaplanabilir:

$$E(X - S) = G(k)\sigma\sqrt{(T + LT)} \quad (3.2)$$

Burada  $G(x)$  birim normal kayıp işlevi olarak adlandırılır ve şu şekilde hesaplanır:

$$G(x) = \int_x^{\infty} (z - x)f(z)dz \quad (3.3)$$

$$= f(x) - x[1 - F(x)] \quad (3.4)$$

Burada  $f(x)$  literatürde şu şekilde hesaplanan standart normal dağılım fonksiyonudur

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

$F(x)$  ise  $F(x) = \int_x^{\infty} f(x)dx$  bu formül ile hesaplanan toplam dağılım fonksiyonudur.

Ayrıca,  $k$  güvenlik faktörünü,  $T$  ziyaret sıklığını,  $LT$  teslim süresini,  $\mu$  ve  $\sigma$  ise talebin ortalaması ve varyansını temsil etmektedir.

### 3.4.1. Karar değişkenleri

$T$ : İlaç tedarikçisinin ziyaret aralığı (iki ardışık ziyaret arasındaki zaman aralığı)

$T_{\max} = 14.0$ , ülke yönetiminin izin verdiği en fazla periyod uzunluğu.),

$LT$ : ilaç tedarikçisinin sipariş teslim süresi,

$k$ : İlaç perakendecisinin güvenlik faktörü,

$n$ : ilaç tedarikçisinin ikmal çarpanı.

### 3.4.2. Dağınık merkezli model

Dağınık merkezli model iki aşamalı olarak uygulanacaktır. İlki ilaç perakendecisi, ikincisi ise ilaç tedarikçisidir.

#### 3.4.2.1. İlaç perakendecisinin kâr modeli

İlaç perakendecisinin kârı, saklama maliyetleri ve kaybedilen satış maliyetleri çıkarılarak satış gelirinden hesaplanmaktadır (Ouyang ve Chuang, 2000). Geleneksel (merkezi olmayan, dağınık merkezli) bir TZY’de, tedarik zincirinin üyeleri, diğer tedarik zinciri üyelerinin hedeflerini hesaba katmadan kendi hedeflerini optimize etmek için kararlar almaktadır. Önerilen bu modelde, perakendeci, kârını artırabilecek bir servis seviyesi belirlemektedir. Perakendecinin tedarikçinin ziyaret planına dayalı olarak periyodik bir inceleme sistemi (S, T) kullandığı varsayılmaktadır. Bu sistemde, T gözden geçirme periyodu, ilaç tedarikçisinin ziyaret aralığı tarafından belirlendiği için sabit olarak kabul edilir. İlaç perakendecisi k servis düzeyine karar vermektedir.

$$EP_{\text{ret}}^{\text{dec}}(S) = (p - w)\mu - h_r \left[ S - \mu LT - \frac{\mu T}{2} + aE(X - S) \right] - \frac{B_r + a(p-w)}{T} E(X - S) \quad (3.5)$$

p, eczanenin satış fiyatını, w tedarikçinin satış fiyatını, hr tedarikçinin elde tutma maliyetini, S, beklenen yok satış oranını, a kayıp satış oranını, k güvenlik faktörünü, T ziyaret sıklığını, LT teslim süresini,  $\mu$  ve  $\sigma$  ise talebin ortalaması ve varyansını temsil etmektedir.

İlaç perakendecisi önce ne kadar sipariş vereceğine karar verir. S parçalarına bölüldüğünde ve Nematollahi (2017) problemine dayanarak güvenlik faktörü bir karar değişkeni olarak alınabilir, böylece yeni amaç fonksiyonu şu hale gelir:

Merkezi olmayan modelde, T ziyaret aralığının önceden ilaç tedarikçisi tarafından belirlendiği varsayılır ve ilaç perakendecisi yalnızca hizmet seviyesinde bir karar verir.

$$EP_{\text{ret}}^{\text{dec}} = (p - w)\mu - h_r \left[ \frac{\mu T}{2} + k\sigma\sqrt{T + LT} + aG(k) \sigma\sqrt{T + LT} \right] - \frac{sh + a(p-w)}{T} G(k) \sigma\sqrt{T + LT} \quad (3.6)$$

$p$ , eczanenin satış fiyatını,  $w$  tedarikçinin satış fiyatını,  $h_r$  tedarikçinin elde tutma maliyetini,  $S$ , beklenen yok satış oranını,  $a$  kayıp satış oranını,  $sh$  kayıp satışta itibar kaybını,  $k$  güvenlik faktörünü,  $T$  ziyaret sıklığını,  $LT$  teslim süresini,  $\mu$  ve  $\sigma$  ise talebin ortalaması ve varyansını temsil etmektedir.

Merkezi olmayan modelde ilaç perakendecisinin ilgili hizmet seviyesi kolayca  $F(k)$  olarak hesaplanmaktadır.

$$SL = F(k) = 1 - \frac{h_r T}{h_r \alpha T + sh + a(p-w)} \quad (3.7)$$

Bu model dağılık merkez ile programlandığı için,  $T$  karar değişkeni daha önce tedarikçi tarafından belirlenmiştir.

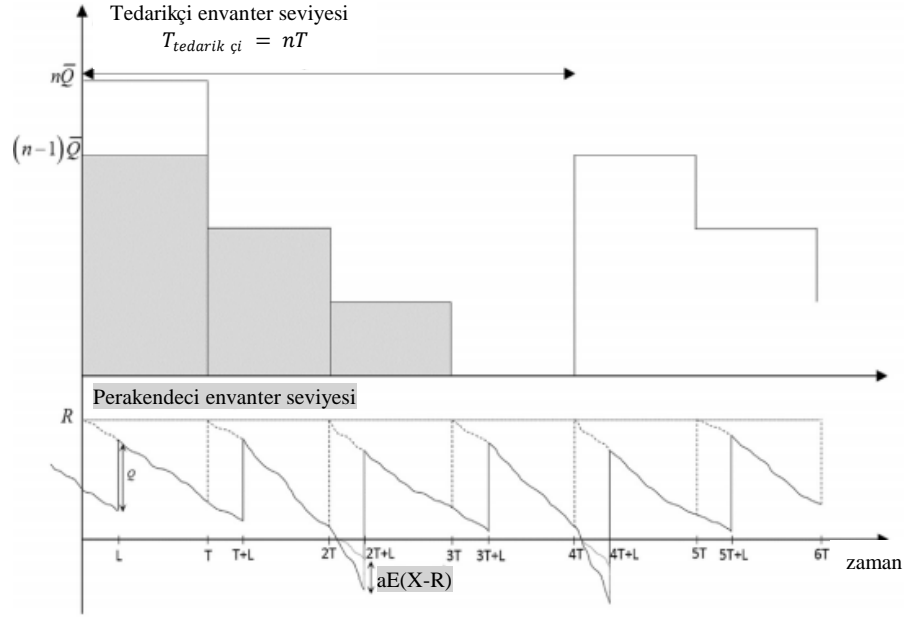
### 3.4.2.2. İlaç tedarikçisinin kâr modeli

Perakendecinin bir periyotta beklenen sipariş miktarı, sıradaki periyotta beklenen talebe eşit olacaktır.

$$\bar{Q} = \mu T - aE(X - R) \quad (3.8)$$

İlaç tedarikçisi dağılık merkezli optimizasyonda, lider olarak rol oynamakta ve kendi envanter politikasını bağımsız olarak hesaplamaktadır. Ziyaret sıklığına tedarikçi karar vermektedir. İlaç perakendecisinin sipariş miktarı her periyotta farklılık göstermektedir. Perakendecinin beklenen sipariş miktarı, sıradaki ziyaret aralığında beklenen talebe eşit olacaktır. Motlagh ve ark. (2019) tarafından benimsenen politika gibi, dağıtılmış merkezli bir modelde, tedarikçinin ikmal süresinin  $T_{\text{tedarikçi}} = nT$  birim zaman olduğu ve envanterinin ( $I$ ) yaklaşık olarak  $I = n\bar{Q}$  kadar doldurulduğu

varsayılmaktadır. Burada kullanılan  $n$  parametresi karar değişkenlerinden biri olarak alınabileceği gibi, miktarının önceden belirlenebilmektedir ve  $n$ 'nin bu model için ilaç tedarikçisinin ikmal politikasına göre seçildiği varsayılmaktadır. İlaç tedarikçisi ve perakendeci için envanter seviyelerinin davranışı Şekil 3.2.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3. İkmal sayısı 4 olduğunda, tedarikçi ve perakendecinin envanter seviyeleri (Nematollahi, 2017)

Tedarikçi, sipariş ve stok tutma maliyetlerine maruz kalmaktadır. Problemin amaç işlevi, üründen elde edilen kârdan elde tutma, kayıp satış ve sipariş maliyetlerinin çıkarılmasıyla modellenmiştir. Bu model ile ilaç tedarikçisinin beklenen kârı yaklaşık olarak şu şekilde hesaplanabilir:

$$EP_{sup}^{dec} = (w-m) \left( \mu - \frac{a\sigma\sqrt{T+LT}G(k)}{T} \right) - \frac{C_s+A/n}{T} - \frac{h_s(n-1)(\mu T - aG(k)\sigma\sqrt{T+LT})}{2} \quad (3.9)$$

s. t.

$$EP_{ret}^{dec} = (p-w)\mu - h_r \left[ \frac{\mu T}{2} + k\sigma\sqrt{T+LT} + aG(k)\sigma\sqrt{T+LT} \right] - \frac{sh+a(p-w)}{T} G(k)\sigma\sqrt{T+LT} \quad (3.10)$$

$$0 \leq T \leq \bar{T} \quad (3.11)$$

$p$ , eczanenin satış fiyatını,  $w$  tedarikçinin satış fiyatını,  $m$  üreticinin satış fiyatını,  $h_r$ ,  $h_s$  elde tutma maliyetlerini,  $S$ , beklenen yok satış oranını,  $a$  kayıp satış oranını,  $sh$  kayıp satışta itibar kaybını,  $k$  güvenlik faktörünü,  $T$  ziyaret sıklığını,  $LT$  teslim süresini,  $\mu$  ve  $\sigma$  ise talebin ortalaması ve varyansını temsil etmektedir.

Eşitlikteki ilk terim kazanılan kârdan yok satışları çıkararak oluşmaktadır, ikinci terim ise sipariş maliyetini göstermektedir, son olarak üçüncü terimde de elde bulundurma maliyeti hesaplanmıştır. Kısıt ise ziyaret periyodunun devletin verdiği maksimum süreyi geçmemesini sağlamaktadır. İlaç tedarikçisinin ortalama elde bulundurduğu stoku,  $(n - 1)\bar{Q}/2$  'ye eşittir.

İlaç tedarikçisinin modelini çözmek için izlenen arama prosedürü şu şekildedir:

**Adım 1.** İlaç tedarikçisinin probleminin ilk çözümü olarak  $T_1$  için minimum uygulanabilir bir değer ayarlanır.

**Adım 2.** Denklem (3.7) kullanarak, adım 1'deki  $T$  ile ilaç satıcısında en iyi kârı almak için  $k$  hesaplanır.

**Adım 3.** Denklem (3.9) kullanarak sıradaki  $(T, k)$  için ilaç tedarikçisinin kârı hesaplanır.

**Adım 4.** Eğer  $T \geq \bar{T}$  ise, o zaman ilaç tedarikçisine en büyük kârı sağlayan  $T$  değeri optimaldir ve bu, arama prosedürünü sonlandırır. Aksi takdirde,  $T = T + T_1$  ayarlanır ve 2. Adıma gidilir.

### 3.4.3. Merkezi model

Merkezi modelde, bir karar vericinin tüm TZY kârını optimize etmeyi amaçladığı varsayılmaktadır. Bu modelde, kurumsal sosyal sorumluluk, KSS yatırım kararları ve yenileme politikaları, tüm TZY perspektifinden belirlenmektedir. Buna göre, perakendeci ve tedarikçi kâr fonksiyonunun toplamı olan tedarik zincirinin yıllık kâr

fonksiyonu hesaplanmaktadır. TZY'de maksimum kâr sağlayan model şu şekilde hesaplanır:

$$EP^{cent} = EP_{sup}^{dec} + EP_{ret}^{dec} = (p - m)\mu - \frac{c_s + \frac{A_s}{n}}{T} - \frac{1}{T} \left( sh + \alpha(p - m) - \frac{h_s \alpha(n-1)T}{2} \right) \sigma \sqrt{T + L} G(k) - \frac{\mu T}{2} [(n-1)h_s + h_r] - h_r [k\sigma \sqrt{T + L} + \alpha * \sigma \sqrt{T + L} G(k)] \quad (3.12)$$

**Adım 1:** İlk olarak  $T_1$  için mümkün olan minimum değer alınır.

**Adım 2:** k aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır,

$$k = F^{-1} \left( 1 - \frac{h_r T}{h_r \alpha T + (sh + \alpha(p - m) - h_s \alpha(n-1)T/2)} \right) \quad (3.13)$$

**Adım 3:** Denklem kullanarak, (3.12) İlaç TZY'nin beklenen kârı hesaplanır

**Adım 4:** Eğer  $T \geq \bar{T}$  ise, o zaman bu T değeri optimaldir ve arama prosedürünü sonlandırılır. Aksi takdirde,  $T = T + T_1$  ayarlanır ve 2. Adıma gidilir.

T ve k küresel olarak optimize edildiğinden, merkezi modeldeki tüm TZY'nin kârlılığı, merkezi olmayan yapıya kıyasla artacaktır.

Günümüzde şirketler, tedarikçilerin sadece başkalarıyla rekabet ederek değil iş birliği yaparak da kârlarını artırabilecekleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Sabet ve ark., 2017, Wang ve ark., 2018). Literatürdeki çalışmalardan hareketle bu çalışmada iki farklı iş birliği modeli; ekonomik ve sosyal iş birliği modelleri ele alınmıştır.

#### 3.4.4. Ekonomik iş birliği modeli

$$EP^{eko} = (p - m)\mu - \frac{1}{T} \left( C_s + \frac{A_s}{n} \right) - \frac{1}{T} (sh + \alpha(p - m) - \frac{h_s \alpha(n-1)T}{2}) \sigma \sqrt{T + L} G(k) - \frac{\mu T}{2} [(n - 1)h_s + h_r] - h_r [k\sigma \sqrt{T + L} + \alpha\sigma \sqrt{T + L} G(k)] \quad (3.14)$$

$$\text{st. } (p - w)\mu - h_r \left[ \frac{\mu T}{2} + k\sigma \sqrt{T + L} + \alpha\sigma \sqrt{T + L} G(k) \right] - \frac{sh + \alpha(p - w)}{T} * \sigma \sqrt{T + L} G(k) \leq (p - w)\mu - h_r \left[ \frac{\mu T}{2} + k\sigma \sqrt{T + L} + \alpha\sigma \sqrt{T + L} G(k) \right] - \frac{sh + \alpha(p - w)}{T} \sigma \sqrt{T + L} G(k) \quad (3.15)$$

$$0 \leq T \leq \bar{T} \quad (3.16)$$

$$0 \leq k \quad (3.17)$$

Ekonomik iş birliğine dayalı optimizasyon modeli, kârı maksimize eden amaç fonksiyonu kullanılarak hem ilaç perakendecisinin hem de ilaç tedarikçisinin kârlılığını artırmasını sağlar. Kısıtlamalarda kullanılan  $\bar{T}$ , devletin ilaç tedarikçisine verdiği en uzun ziyaret süresidir, iki ardışık ziyaret arasındaki sürenin  $\bar{T}$  sınırını aşmamasını sağlar. Kısıt (3.17), güvenlik faktörünün pozitif değerler almasını garanti eder. Kısıt (3.15) ise burada hesaplanan kârın dağımık merkezli modelde hesaplanan kârdan fazla olması için koyulmuştur.

#### 3.4.5. Sosyal iş birliği modeli

Bir envanter sisteminin başarısı, müşterilerin uyguladığı baskıdan önemli ölçüde etkilenir ve bu nedenle yöneticiler, müşterilerin farklı beklentilerini hesaba katmalıdır (Barcos ve ark. 2013). Sağlık sistemlerinde, müşterilerin taleplerine hizmet etmek, yalnızca ekonomik kârlılığı artırmanın bir yolu olarak değil, birincil hedef olarak kabul edilebilir. Bu nedenle hastalara farklı ilaçlardan yüksek hizmet düzeyi sunmak tüm sağlık endüstrilerinde büyük önem taşımaktadır (Uthayakumar

ve Priyan, 2013). Eczaneler kıtlıkla karşılaştığında, gerekli ilaçların ikmal edilmesi için acil bir emir verilebilir. Fakat acil satın alma işlemleri genellikle çok maliyetlidir ve sağlık birimleri bu durumlardan kaçınmayı tercih etmektedir (Woosley and Wiley, 2009). Sanayileşmiş ülkelerde, toptancılar sık sık hızlı teslimat hizmetleri sunar ve bu nedenle eczanelerde envanter seviyeleri düşük tutulur. Bununla birlikte, gelişmekte olan ülkelerde ilaç toptan satış sisteminin operasyonel verimliliği genellikle zayıftır ve toptancılar özellikle uzak veya kırsal alanlarda bulunan eczanelere uzun sipariş teslimat süreleri sunmaktadır. Bu nedenle, bu tür sistemlerdeki birçok eczane, gerekli hizmet düzeyine ulaşmada zorluklar yaşamakta ve sonuç olarak, tedarik zinciri üyelerinin hastanın ilaç gereksinimlerini karşılamada iş birliği yapması gerekli görülmektedir.

Sosyal açıdan ilgili tedarik zinciri üyelerinin hastalara temel ilaç hizmeti sunma konusunda iş birliği yapmayı amaçladıkları durum için Nematollahi ve ark. (2017) tarafından geliştirilen bir iş birliği modeli kullanılmıştır. Önerilen modelde, istenen hizmet seviyesi, bir döngü sırasında sistem için izin verilen maksimum ilaç eksikliği oranına karşılık gelen doluluk oranı kısıdı açısından dikkate alınmıştır. Uthayakumar ve Priyan (2013) gibi, tedarik zinciri yöneticisinin konu edilen ilaç için, bir döngüde mevcut stoktan karşılanması beklenen taleplerin, döngü başına beklenen tüm talebe bölünmesi olarak tanımlanabilecek bir hedef doldurma oranı belirlediği varsayılmaktadır:

$$\text{Dolum oranı } DO = \frac{\mu T - E(X-S)}{\mu T} = 1 - \frac{E(X-S)}{\mu T} \quad (3.18)$$

$$\begin{aligned} EP^{\text{soc}} = & (p - m)\mu - \frac{1}{T} \left( C_s + \frac{A}{n} \right) - \frac{G(k)\sigma\sqrt{T+LT}}{T} (sh + a(p - m) \\ & - \frac{h_s a(n-1)T}{2}) - \frac{\mu T}{2} [(n - 1)h_s + h_r] \\ & - h_r [k\sigma\sqrt{T + LT} + aG(k)\sigma\sqrt{T + LT}] - err \end{aligned} \quad (3.19)$$

s. t.

$$\begin{aligned} (p - w)\mu - \frac{sh + a(p-w)G(k)\sigma\sqrt{T+LT}}{T} - h_r \left[ \frac{\mu T}{2} + k\sigma\sqrt{T + LT} + aG(k)\sigma\sqrt{T + LT} \right] \leq \\ (p - w)\mu - \frac{sh + a(p-w)G(k)\sigma\sqrt{T+LT}}{T} - h_r \left[ \frac{\mu T}{2} + k\sigma\sqrt{T + LT} + aG(k)\sigma\sqrt{T + LT} \right] \end{aligned} \quad (3.20)$$



$$(w - m) \left( \mu - \frac{aG(k)\sigma\sqrt{T+LT}}{T} \right) - \frac{C_s + A/n}{T} - \frac{h_s(n-1)G(k)(\mu T - a\sigma\sqrt{T+L})}{2} \leq$$

$$(w - m) \left( \mu - \frac{aG(k)\sigma\sqrt{T+LT}}{T} \right) - \frac{C_s + A/n}{T} - \frac{h_s(n-1)G(k)(\mu T - a\sigma\sqrt{T+L})}{2} + \text{err} \quad (3.21)$$

$$DO \leq 1 - \frac{(\sigma\sqrt{T+L}G(k))}{\mu T} \quad (3.22)$$

$$0 \leq T \leq \bar{T} \quad (3.23)$$

$$0 \leq k \quad (3.24)$$

Sosyal iş birliğine dayalı karar verme modelinde, denklem (3.19), toplam kârlılık eksi transfer edilen tazminatı maksimize etmeyi amaçlamaktadır. Kısıt (3.20), iş birliği modelini oluşturduktan sonra ilaç perakendecisinin kârlılığının, merkezi olmayan ortama göre daha fazla olduğunu garanti etmek için yazılmıştır. Kısıt (3.21), ilaç tedarikçisinin tazminat transferinden sonraki kârlılığının, eğer bir çözüm varsa o çözümün merkezi olmayan yapıdakinden daha yüksek olduğunu belirtmektedir. Kısıt (3.22), iş birliğine dayalı bir model olduğu için hastaları önceliklendirmektedir, bu nedenle ilacın hedef doluluk oranını karşılamak için koyulmuştur. Kısıt (3.23), iki ardışık ziyaret arasındaki sürenin belirli bir eşiği geçmemesini garanti etmektedir. Ayrıca, kısıt (3.24), güvenlik faktörüne negatif olmama koşulunu sağlamaktadır.

### 3.5. Modeller Üzerinde Senaryoların Oluşturulması

Senaryolar değişkenlerin sabitliğinin kaldırılması ile oluşturulmuştur. Bu yöntemle en uygun değere ulaşırken gerçek hayatta bir sayıda sabitlenmeyen girdiler, sınırları belirtilerek, değişken olarak alınabilmektedir. Bu şekilde uygulanacak senaryolar, bu çalışmada kullanılan algoritma ile artırılabilir. Tüm senaryolarda, bu çalışmada esas alınan makalede olduğu gibi perakendecinin karar verdiği, güvenlik faktörü  $k$  değeri ve tedarikçinin karar verdiği ziyaret sıklığı  $T$  değeri değişken olarak atanmıştır. İkinci senaryo olarak tedarikçinin ikmal çarpanı  $n$  değişken olarak eklenmiştir. Tedarikçi, siparişleri perakendecinin gözden geçirme dönemlerine göre belirli dönemlerde alır. Rosenblatt ve Lee'ye (1985) göre, bu durumda, tedarikçinin

sipariş çarpanı  $n$ , tedarikçinin ikmal politikasını optimize etmek için pozitif bir tam sayı olmalıdır. İkmal çarpanı  $n$  değişken olarak alınmayıp formülden çekildiğinde,  $n^* = \sqrt{\frac{2A_s}{h_s T((p-m)*T - \beta\sigma\sqrt{T+L}*G(k))}}$  formülü ile bulunmaktadır (Johari, (2016)). Değişken  $n$  bu formülde  $T$ ,  $LT$  ve  $k$ 'ya bağlıdır. Fakat bu çalışmada esas alınan makalede  $n$  sabit bir sayı olarak alınmıştır. Gerçek sonuçlara ulaşabilmek için  $n$ , tam sayı bir değişken olarak alınmıştır. Üçüncü senaryo sipariş teslim süresi  $LT$ 'yi değişken olarak almıştır. Bu değişken yapısına uygun Jha ve Shanker (2009) ve Ouyang ve Chung (2000)'un çalışmaları gibi çalışmalar bulunmaktadır. Birçok gerçek envanter sisteminde, genellikle teslim süresi konusunda belirsizlik vardır, bu nedenle teslim süresi bu çalışmada değişken olarak alınmıştır. Dördüncü senaryoda ise  $k$ ,  $T$  değişkenlerine ilave olarak  $n$  ve  $LT$  beraber değişken olarak atanmıştır. Bu çalışmada kullanılan algoritmada, kısıtlar belirlendiğinde, diğer amaç fonksiyonu girdileri de değişken olarak atanabilmektedir.

Tablo 3.2.  $nI$  senaryosu kaba kodu

---

Başla;
Giriş: iki aşamalı tedarik zinciri parametreleri, yineleme limiti, mutasyon sabiti, çaprazlama türünü tanımla,
Çıktı: İlk çözüm
Maksimum çevrim sayısına ulaşana kadar,
Adım 1: $T > LT$ olan Rasgele bir $T$ değeri;
Adım 2: Rasgele $k$ değeri;
Adım 3: Rasgele $LT$ değeri;
Adım 4: Rasgele $n$ değeri;
İlk Popülasyonu Oluştur:
Her $i$ çevrim için:
Adım 5: Denklemleri kullanarak toplam Tedarik zinciri kârını hesapla ve kaydet.
Mevcut değişken kümesi için;
Adım 6: eğer $n < n_{max}$ ise ve diğer kısıtlar sağlanıyorsa, 5. adıma git;
Adım 7: Eğer $LT < T$ ise 4. adıma git;
Adım 8: Eğer $k < 2$ ise adıma git;
Adım 9: Eğer $T < 14$ ise 2. adıma git;
Adım 10: $T$ , $k$ , $LT$ ve $n$ kombinasyonu bu çevrimde en yüksek kârı döndüren bir

---

---

kombinasyondur, optimumdur.

---

Tablo 3.3. (devamı)

---

Çözümü döndür;
Seçim operatörüne göre ebeveyn bireyleri seç
Çaprazlama operatörü ile yeni aday yavru çözümleri oluştur
Mutasyon Operatörünü kullanarak aday çözümleri iyileştir
Kısıtların sağlanıp sağlanmaması durumuna bak
Nüfustan en kötü çözümü çıkar
Bitir
Sonlandırma kriterleri karışlanana kadar en iyi çözümü üretmeye devam et
En İyi Çözümü Döndür
<b>Bitir</b>

---

Sadece k ve T'nin değişken olarak alındığı orijinal senaryo, normal olarak; n, k ve T'nin değişken olarak alındığı senaryo n olarak; LT, k ve T'nin değişken olarak alındığı senaryo l olarak ve sonuncu senaryo n, LT, k ve T değişkeni alındığından, nl olarak adlandırılmıştır. Senaryolardan nl için yazılan kod kabaca Tablo 3.3.'te gösterilmiştir.

### 3.6. Genetik Algoritma ve Uygulama Adımları

Bu kısımda uygulamada kullanılan Genetik Algoritma kısaca tanımlanarak peşinden problemin GA çözüm adımları sunulacaktır.

Yapay zekâ (AI), temelde insan zekasından esinlenmiştir. Çıkış noktası, AI'nın biyolojik veya elektronik bir beyni çözmeye çabalaması, karmaşık sorunları algılaması, anlaması ve çözmesidir. Bu araştırmada AI kullanımı, cihazların enerji yönetim sistemini sistematik hale getirmek ve otomatikleştirmek için kullanılmaktadır. Yapay zekâ ile uyarlanan algoritmalar, problem uzayı hakkında hiçbir bilgi olmadan da karmaşık optimizasyon problemlerine çözümler bulabilmektedir (Wall, 1996). Genetik algoritma, organizmaların doğal evrimini taklit etmektedir. Kuvvetli, çevreye adapte olabilen (mutasyona uğrayabilen) organizmalar gelişip çoğalmaktadır, bu bireyler hayatlarını sürdürerek bir sonraki

topluma girmekte, çevreye uygun olmayan zayıf organizmalar ya başka bireylerle birleşerek yeni bir birey oluşturmakta ya da elenmektedir. Sonuç olarak, doğa için iyi sonuç veren şey, yapay zekâ için de işe yaramaktadır. Bu genel eğilim, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar gibi birçok algoritma geliştirmek için benimsenmiştir.

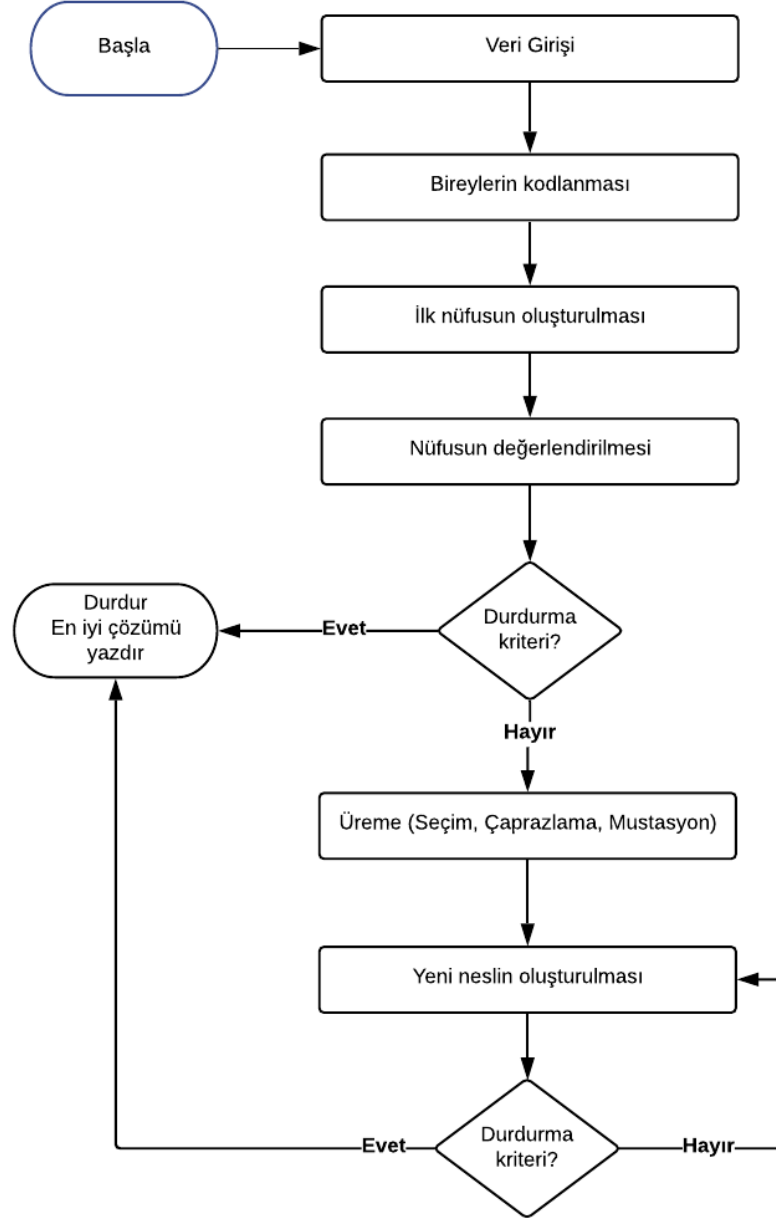
GA, Holland (1975) tarafından ilk olarak ortaya atılan ve Goldberg ve ark. (1989) tarafından daha da geliştirilen, doğal seçim ve popülasyon genetiğinin mekanizmalarına dayanan arama algoritmasıdır. GA, seçim ve yeniden birleşme operatörlerinin yüksek performanslı çözümlerde kullanıldığı, Darwin'in en uygun hayatta kalma fikirlerine dayanan bir operasyondur (Goldberg ve ark., 1989).

Basit GA üç operatörden oluşur: üreme, çaprazlama ve mutasyon. Üreme, en uygun olanın hayatta kalması seçimine dayanan süreçtir. Çaprazlama, iki yavru diziyi oluşturmak için iki ebeveyn dizisi arasındaki kısmi değiş tokuştur. Mutasyon, bit değerlerinin rastgele ters çevrilmesi ve yinelemeli olmayan yavrular üretmesidir (Ercan Cömert, 2016). Geleneksel optimizasyon tekniklerinden veya benzetilmiş tavlama ve tabu arama gibi sezgisel yöntemlerden farklı olan GA'nın temel özelliği, birçok çözümün eşzamanlı olarak değerlendirilmesidir; diğer teknikler her yinelemede yalnızca bir çözümü değerlendirir. Bu özellik, geniş bir aramayı mümkün kılan ve potansiyel olarak küresel olmayan bir optimuma yakınsamadan kaçınan bir avantajdır.

Genetik algoritma meta sezgisel bir optimizasyon yöntemidir ve bir dizi algoritmanın sınıflandırılarak kullanılması sonucu oluşan algoritmalar ve teknikler bütünüdür. Bu teknikler ve algoritmalar GA'da ayrı ayrı kullanılarak GA'nın bütününde en iyi çözümü buldurmaktadır. Örneğin sayısal bir veride kullanılan GA, Şekil 3.3.'te belirtilen çeşitlemeler yoluyla adım adım giderek bu verideki en uygun ya da en uygunu yakın çözümü hızla ortaya çıkarmaktadır.

GA'nın işleyişi temel olarak, nüfus adı verilen rastgele bir çözümün başlangıç kümesini oluşturmaktır. Nüfusu oluşturan her bir bireye, bir soruna aday çözüm olarak tutulan ve birkaç genden oluşan kromozom denir. Kromozomlar, ardışık bir dizi çözümden geçmektedir ve tüm bireyleri değerlendirmek için uygunluk

fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu şekilde yavru adı verilen yeni kromozomlar oluşturulur. Bu kromozomların uygunluk değerine göre yeni bir nüfus oluşturulur. Çözüm nüfusu, en uygun çözüm elde edilinceye kadar nesilden nesle daha iyi hale gelir. Genel olarak, önerilen GA, aşağıdaki şekle göre çalışmaktadır.



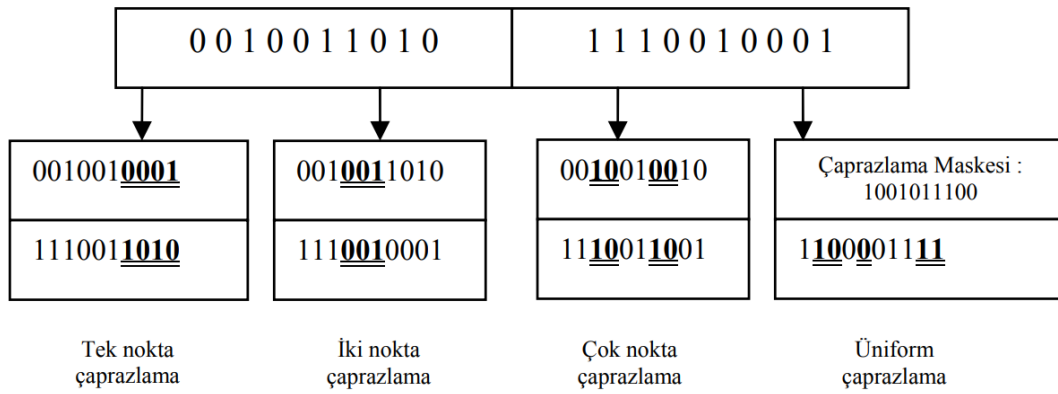
Şekil 3.4. Genetik algoritma operasyon Akış Şeması.

GA, sadece bir nokta ile çözüme ulaşmaya çalışmak yerine aynı anda noktalar topluluğunda hareket etmektedir. Bu şekilde yerel çözüme takılmamakta, en iyi çözüme ulaşmaktadır. GA'da Türev-İntegral gibi işlemlere ve başlangıç sınır şartları

ile bazı varsayımların yapılmasına gerek yoktur. Klasik optimizasyon yöntemlerinde işlem adımları küçük tutulmakta, fonksiyonun en uygun olmayan yerlerinde bile örnek tutulmaktadır. Bu da maliyet ve zaman kaybına neden olmaktadır. Ancak GA'da iz takibi olmadığından adımları büyük atmadan sonuca varmak az zamanda yapılabilir.

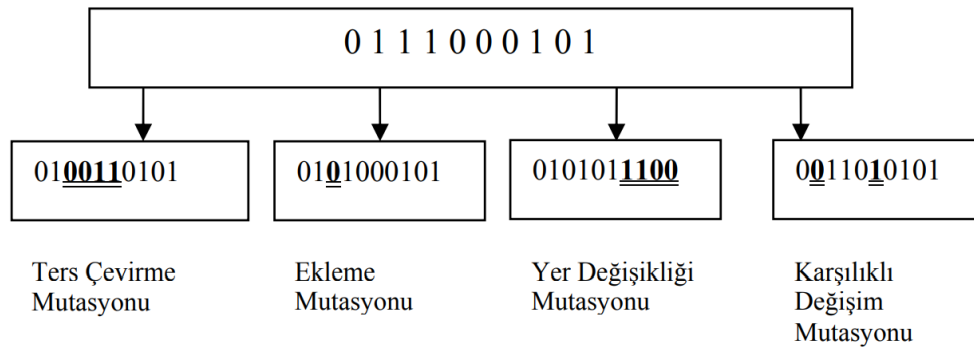
Genetik algoritmanın başlıca adımları, seçim, çaprazlama ve mutasyondur. Belirli bir (n) kromozom sayısına sahip bireyler oluşturulup popülasyona eklenir. Uygunluk fonksiyonu tüm bu kromozomlar için hesaplanır ve yeni popülasyona seçim, çaprazlama ve mutasyon işlemleri yapılır. Seçim işlemi, iki adet kromozom çaprazlamak için alınır, bu adıma çoğalma işlemi de denir. Uygunluk derecesine bakılır, yüksek olan seçilir. Seçim yöntemi olarak birçok yöntem geliştirilse de rulet çarkı, turnuva ve elitist seçim yöntemleri en yaygın kullanılan yöntemlerdendir. Rulet çarkı seçme yöntemi Holland (1976) tarafından tanıtılmıştır. Bu yöntemde bireylerin uygunluk değerleri çizelgeye yazılır ve bu değerler özetlenir. (0,1) aralığındaki sayılar, tüm bireylerin uygunluk değerlerinin toplama bölünmesiyle elde edilir ve tüm sayılar bir tabloya alınır. Buradaki sayıları birbirleriyle ekleme yaparak rastgele bir sayıya kadar ilerlenir ve bu sayıya ulaşıldığında son eklenen sayının çözümü seçilir. Turnuva seçim yönteminde, t kadar birey değiştirilerek veya değiştirilmeden rastgele seçilir ve bu miktar bireye turnuva genişliği denir. Yeni popülasyona grubun en iyi bireyi atanır. Kullanıcının belirttiği döngü sayısı kadar tekrar edilir. Elitist seçimde popülasyonun iyi bireyleri korunur. Bu bireyler hariç tutularak nüfusun geri kalan üyeleri ile yeni bireylerle yer değişimi yapılır. Buradaki amaç, genetik operatörler kullanıldığında en uygun bireyin kaybını önlemektir.

Seçilmiş kromozomlara ebeveyn denmektedir, bu ebeveynler yeni bireyler oluşturmak için çaprazlanırlar. Çaprazlama yöntemleri Şekil 3.5.'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Çaprazlama yöntemleri çeşitleri ve bunların etkileri (Bolat ve ark. 2004)

Kromozomdaki bazı DNA adı verilen diziler belirli bir mutasyon oranı ile yerlerinden oynatılır ve Mutasyon işlemi gerçekleştirilir. Ayrıntılı gösterim Şekil 3.6.'da verilmiştir, En sonunda hedeflenen uygunluk değerleri için bu yeni bireyler kontrol edilir, uygunluk değerlerine ulaşılmış ise program durdurulur ve bu bireyler en iyi çözüm olur.



Şekil 3.6. Mutasyon yöntemleri çeşitleri ve bunların etkileri (Bolat ve ark. 2004)

Genetik algoritmayı İlaç TZY'de kullanan Saracoglu ve ark. (2014) makalelerinde raf ömrü, bütçe, depolama kapasitesi ve ekstra ürün sayısı kısıtlamaları altında optimum sipariş miktarını ve optimum yeniden sipariş noktasını hesaplayan çok ürünlü çok dönemli (Q, r) envanter modelleri için bir yaklaşım formüle etmektedir. Meisam Nasrollahi ve Jafar Razmi (2021) ise tıbbi maddeler için bir güvenilirlik indeksi ile madde önceliğini dikkate almak ve hastalar için hastanelerin hizmet düzeyini iyileştirmek için genetik algoritma kullanarak talep kapsamını artıran ve toplam maliyetleri en aza indiren çok amaçlı bir çalışma yapmıştır. Izadi ve Kimiagari (2014) araştırmalarında yerleşim yeri tahsisi problemini talep belirsizliği

altında incelemiştir. Bu çalışmanın amacı, dağıtım merkezlerinin optimum sayısını ve yerini belirlemek ve müşteri taleplerinin dağıtım merkezlerine dağılımını belirlemektir. En iyi yapı, genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmektedir ve sonuç olarak toplam TZY maliyetlerinde %14 azalma olmuştur.

Bu makalede, yapay zekâ alanı olan GA'yı kullanarak iki aşamalı tedarik zinciri modelini uygulamak için bir arama ve optimizasyon tekniği kullanılmıştır.

### 3.6.1. İki Aşamalı İlaç Tedarik Zincirinde Genetik Algoritma Adımları

Bu bölüm, bu çalışmada sunulan modeli çözmek için kullanılan algoritmayı özetlemektedir. Mümkün olan en yüksek servis seviyesi  $k$  için, maliyeti en küçükleyen optimal periyot uzunluğu olan  $T$  belirlenmektedir. Daha sonra  $k$ 'nin değeri, en düşük maliyeti veren  $k$  bulunana kadar düşürülür. Bu, karar değişkenleri  $T$  ve  $k$  kümesine yol açacaktır.

Zaman periyotları  $T = \{T_1, \dots, T_j\}$  Her zaman aralığı başlangıç ve bitiş tarihine göre yeniden belirlenir. Her zaman aralığında kapasiteler ve limitler gibi çeşitli değişkenler önceden bilinmektedir.

Kullanılan elitist genetik algoritma kodunda izlenen adımlar şu şekildedir, fonksiyon olarak tanımlanan fonksiyon ile en aza indirilecek amaç fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu koda en büyükleme işlemi için amaç fonksiyonunu eksi bir ile çarpılmalıdır. İstenen diğer veriler şu şekildedir, karar değişkenlerinin sayısı, `degisken_tipi` (tüm değişkenler Boolean ise 'bool'; tüm değişkenler tamsayı ise 'int'; ve tüm değişkenler gerçek sayı ise "gerçek". Fakat karışık değişkenler varsa `karisik_degisken_tipi` tanımlanması yapılarak sırasıyla değişkenlerin türleri girilebilir. Örneğin ilk değişken tamsayı ancak ikincisi gerçek olsun, girdi: `np.array(['int'], [real])` olmalıdır. Bu parametre 'bool'u kabul etmez. Boolean bir değişken varsa onun tipi olarak [0,1] şeklinde bir sınır sağlar.).



Her değişken için aralık sınırı olarak iki sayı girilmelidir, örneğin, np. array ([0, np.inf], [x,200]) ilk için alt sınırı 0 ve üst sınırı sonsuz belirlenir ve boyutun 2 olduğu ikinci değişken için alt sınır bir değişken (x) olabilir ve üst sınır 200'dür.

Algoritma parametreleri olarak yine kullanıcı tarafından tanımlanması gereken parametreler vardır, max\_sayida\_iterasyon'nun kaç olduğu ve genetik algoritmanın (GA) durdurma kriterleri, popülasyon\_boyutu mutasyon olasılığı [0,1] arasında bir sayıdır. Elitizm oranı, çaprazlama oranı ve tipi, gelişim olmadan yapılacak iterasyon sayısı, yakınsama eğrisini çizim veya çizmeyin, İlerleme çubuğunu göster veya gösterme.

### 3.6.1.1. Algoritma değişkenleri

GA doğal seçim sürecini temsil eden küresel stokastik bir araştırmadır. Yinelemeli yöntemle çalışır ve ideal çözümü üretir. GA'da kullanılan parametre değerleri Tablo 3.2.'de verilmiştir. Algoritma, Python 3.9 ve PyCharm 2.3 kullanılarak Python programlama dilinde kodlanmıştır. Algoritmada istenen parametreler aşağıdaki gibidir: Maksimum yineleme sayısı, GA'nın durdurma kriteridir. Popülasyon boyutu, mutasyon olasılığı, elitist sayısı, çapraz geçiş olasılığı, ebeveynlerin oranı, iyileştirme olmadan maksimum yineleme sayısı, yani iyileştirme olmaksızın art arda maksimum yineleme sayısı ve çapraz geçiş türü 'tek tip', 'bir nokta' veya 'iki nokta'.

Tablo 3.3. Algoritma değişken değerleri

Parametre	Tip/değer
Maksimum nesil sayısı	1000
İyileştirme olmadan geçen maksimum çevrim sayısı	250
Popülasyon sayısı	100
Mutasyon	0.99
Çaprazlama	üniform
Seçim	elitist

Tablo 3.4.'te algoritma için kullanılan test problemleri bulunmaktadır. Senaryoları tanımlamanın amacı, GA'nın optimuma ulaşmada başarılı olan bir model olup olmadığını kontrol etmektir. Küresel optimuma yakınsamak sezgisel algoritmaların doğası gereği olduğundan, GA optimum çözümü bulacağını garanti etmemektedir.

Tablo 3.4. Test problemlerinin değerleri

Parametre	TP1	TP2	TP3	TP4
$\mu$	18.000	10.000	7.000	30.000
$\sigma$	6.000	4.000	3.000	12.000
p	20	40	30	15
w	18	38	28	14
m	13	33	24	12
a	0,3	0,3	0,2	0,1
sh	1	2	1	0,7
$h_r$	9	10	10	5
$h_s$	7	8	6	2
$A_s$	250	500	200	300
$C_s$	300	400	150	90
n	6	9	7	4
LT	2	1,5	1	0,5

## **BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **4.1. Dağınk Merkezli, Merkezi, Ekonomik ve Sosyal İş Birliği Modellerinin Sonuçları**

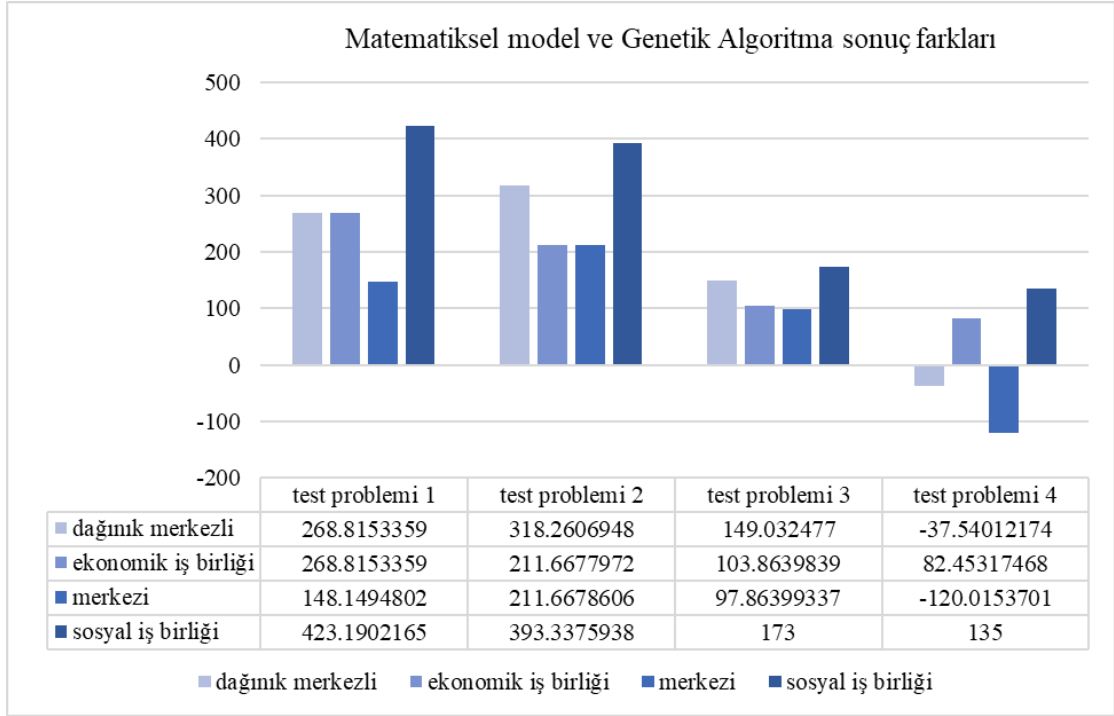
Bu bölümde, önerilen modellerin farklı karar verme yapılarındaki performansı Tablo 3.4.'te sunulan dört test problemi kullanılarak incelenmiştir. Dağınk merkezli, merkezi, ekonomik ve sosyal iş birliğine dayalı karar verme modeller Python 3.9'da optimize edilmiştir. Dört test problemine uygulanan (1) dağınk merkezli, (2) merkezleştirilmiş, (3) ekonomik iş birliği ve (4) sosyal iş birliği modellerinin sonuçları Tablo 4.1., 4.2., 4.3. ve 4.4.'te sırasıyla gösterilmiştir. 2 sadece tüm tedarik zinciri kârlılığını maksimize etmekle kalmamış, aynı zamanda her iki tedarik zinciri üyesi için de büyük fayda sağlamıştır. Bu gibi durumlarda, tedarik zinciri üyeleri, merkezi modeli uygulayarak elde edilen değerleri kullanmakta çekinebilmektedirler. Bununla birlikte, ortak karar alma, tüm aktörlerin ekonomik kârlılığını mutlaka artırmamaktadır.

Tabloya bakıldığında, merkezleştirilmiş modelin birinci ve üçüncü modelde perakendecinin kârında bir düşüŖe sebep olduğu, dördüncü modelde ise tedarikçinin kârını az da olsa düşürdüğu görülmektedir.

Bu bölümde, önerilen modellerin farklı karar verme yapılarında performansı Tablo 3.4.'te sunulan dört test problemi kullanılarak 20 deneme sayısının ortalaması alınmış ve sonuçlar incelenmiştir. Merkezi ve dağınk merkezli modeller ile ekonomik ve sosyal iş birliği karar modelleri Python programlama dili ile PyCharm (2020).2.3 programında optimize edilmiştir.

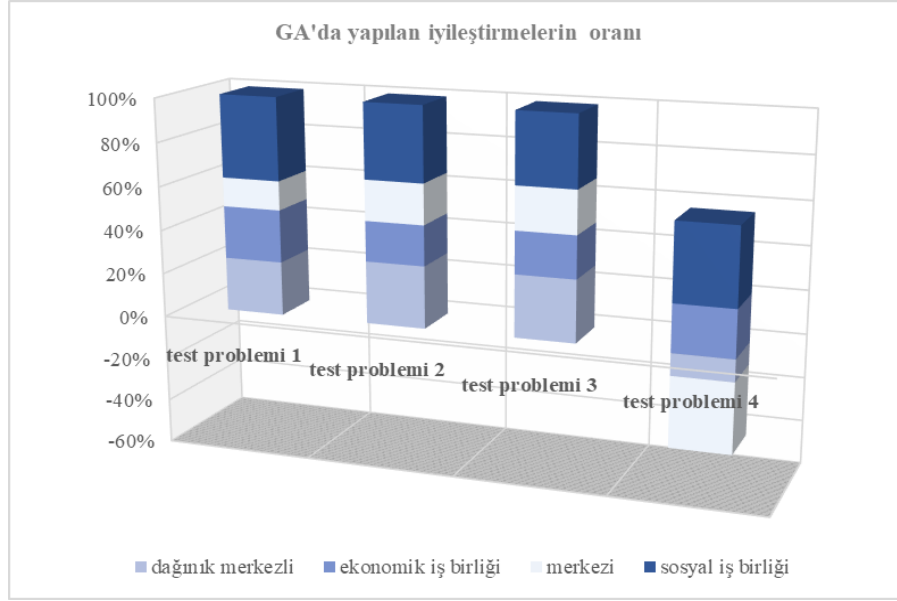
Şekil 4.1.'de tezde karşılaştırılan çözüm yöntemlerinin karşılaştırılmaları verilmiştir. Grafiğe göre Nematollahi (2017) çözümü ile bu çalışmada geliştirilen GA modeli

çözümü arasında bir ilaç için farklar 1., 2. Ve 3. Test problemleri için pozitif olmuştur. Test problemi 4 içinse dağınk merkezli ve merkezi modellerde GA'nın başarısız olduğu görülmektedir.



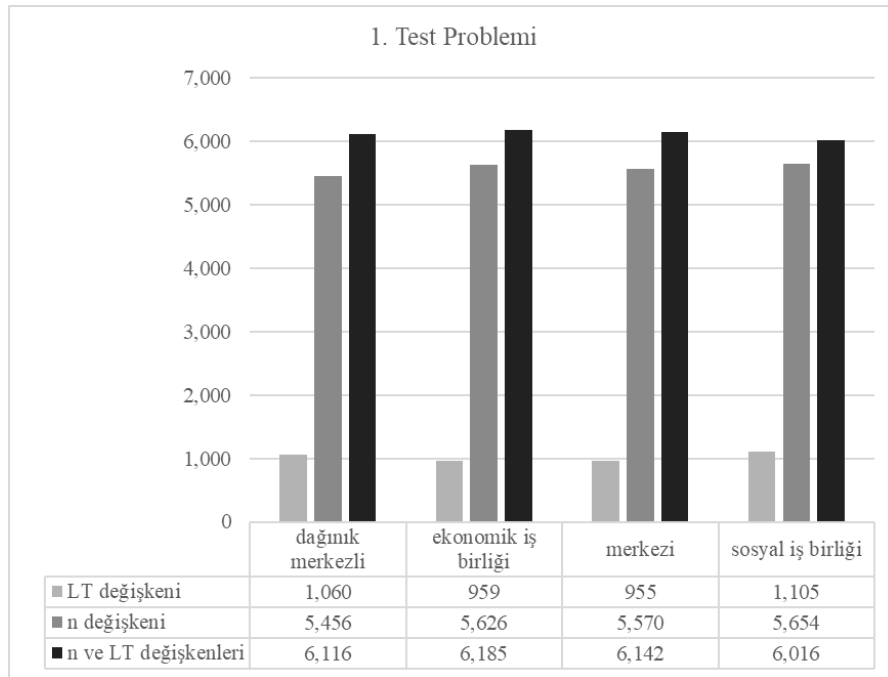
Şekil 4.1. Matematiksel Model ve Genetik Algoritma sonuçlarının farkları

GA modelinin uygulanmasının sonuçları ile orijinal problemin İlaç TZY'yi çalıştırmaya yönelik geleneksel yaklaşımı yoluyla elde edilenler arasındaki bu karşılaştırmada, Şekil 4.1.'deki özet tablosu GA modelinin uygulanmasıyla toplam tedarik zinciri kârında yaklaşık %5'lik bir iyileşme olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.2. GA ile yapılan iyileştirmelerin yüzdeleri

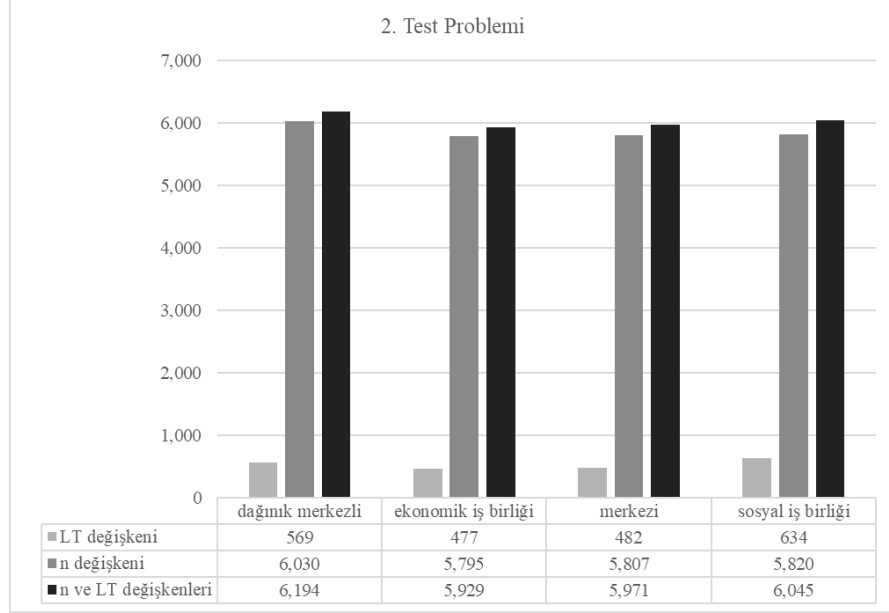
Orijinal model GA ile direkt çözüldüğünde oluşan kâr %1,3 ile -0,1 arasındadır. En iyi çözüm test problemi 2'de bulunmuştur (Şekil 4.2.).



Şekil 4.3. Test probleminin GA ile çözümü ve matematiksel çözümü arasındaki farklar

Şekil 4.3. Test probleminin GA ile çözümü ve matematiksel çözümü arasındaki farkları dolar cinsinden göstermektedir. Şekilde görüldüğü üzere, tüm modellerde

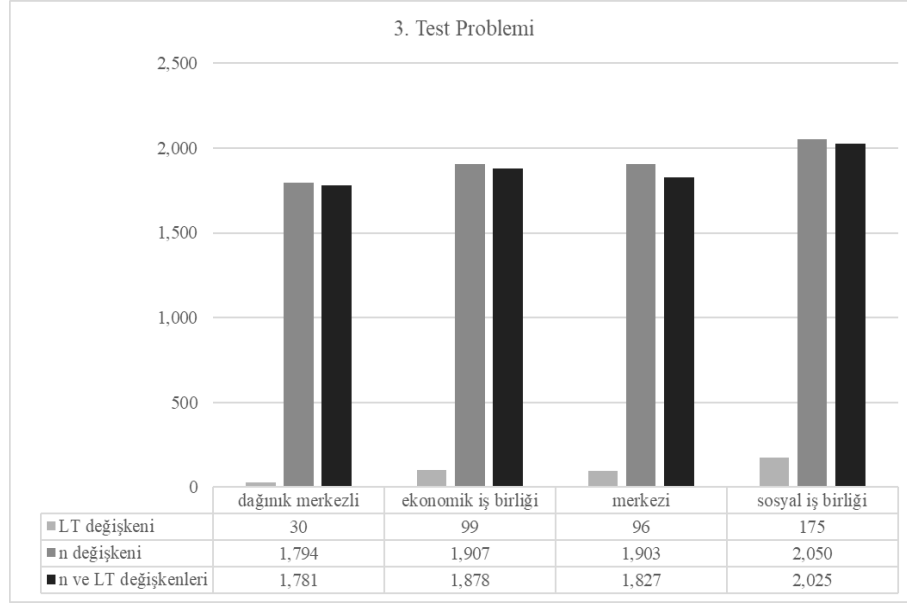
daha verimli sonuç alınmıştır. Özellikle n ve n-LT değişken durumunda yüksek farklar oluşmuştur. Alınan bu kârlar senaryoların orijinal probleme göre daha kârlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.4. Test probleminin GA ile çözümü ve matematiksel çözümü arasındaki farklar

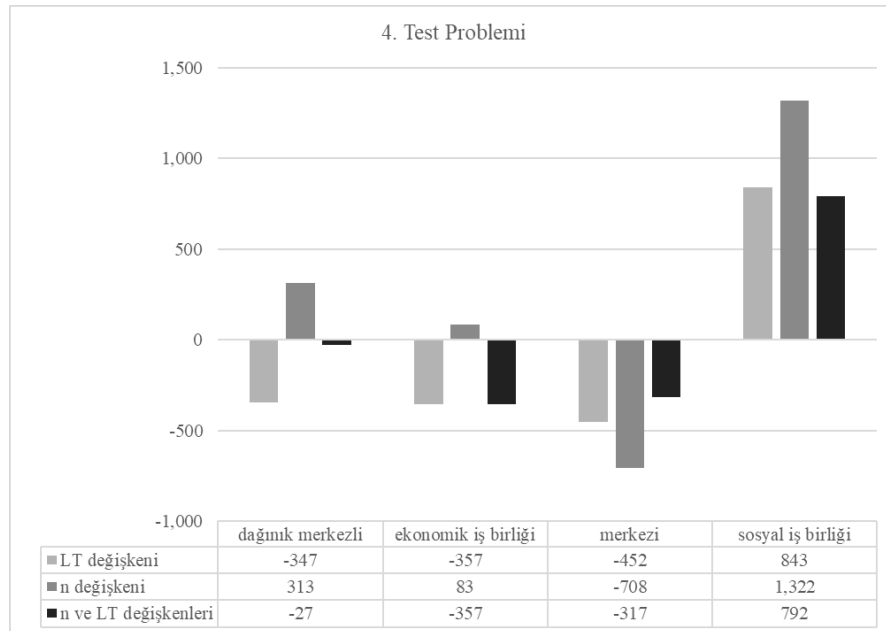
Şekil 4.4.'te görüldüğü üzere yine n ve LT'nin değişken olarak atanması, kârı arttırmaya sebep olmuştur. İkinci test probleminde birinci problemden farklı olarak n senaryosu n1 senaryosundan daha iyi sonuçlar vermiştir.

Şekil 4.5.'te görüldüğü üzere yine n ve LT'nin değişken olarak atanması, kârı arttırmaya sebep olmuştur. Önceki problemlerden farklı olarak, üçüncü test problemine genetik algoritma uygulanmasıyla tüm modellerden elde edilen kârlarda büyük artışlar yaşanmıştır.



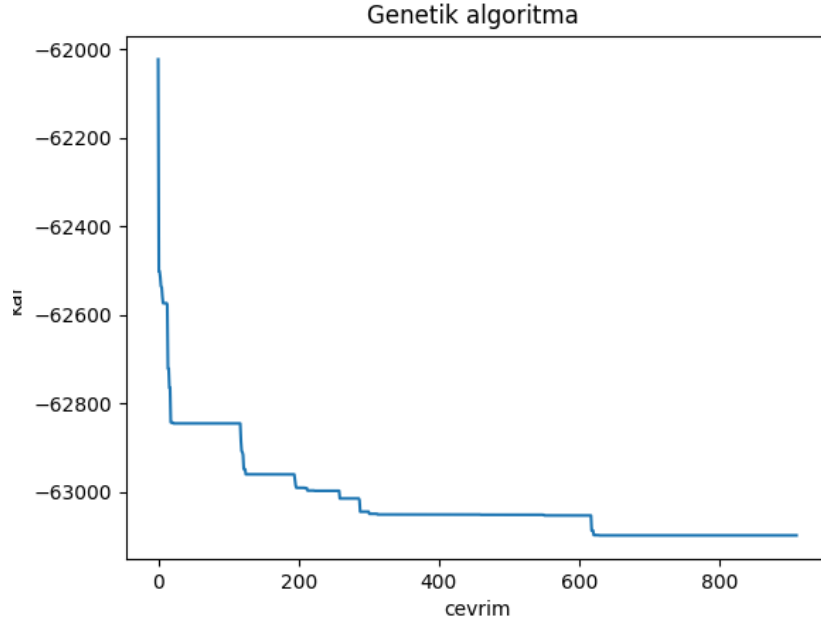
Şekil 4.5. Test probleminin GA ile çözümü ve matematiksel çözümü arasındaki farklar

Dördüncü Test probleminde, Sosyal iş birliği güzel sonuçlar verirken, diğer modeller bunun kadar başarılı sonuçlar verememiştir. Şekil 4.6.'da görüldüğü gibi test problemi dörtte geleneksel çözümden daha düşük kâr bulduğu modeller olmuştur.



Şekil 4.6. Test probleminin GA ile çözümü ve matematiksel çözümü arasındaki farklar

Şekil 4.7.'de görüldüğü üzere, modelin genetik algoritma ile çözümünde 610 çevrim ile 63244 dolar kâr elde edilmiştir. Modelin optimizasyon olmadan geçen çevrim limiti 250 olduğu için 860 çevrimde model durmuş ve optimum sonucu vermiştir.



Şekil 4.7. 4. Test probleminde Merkezi modelin nl senaryosu optimizasyon adımları

#### 4.1.1. Dört modelin sonuçlarının karşılaştırılması

Stackelberg Oyunu ile programların dağıtık merkezli modelde, iki oyuncu kârlılık politikalarını ve lojistik hizmetlerini optimize ederken, her oyuncu bireysel kârı en üst düzeye çıkarmak için diğer üye ile etkileşimini değerlendirmektedir. İkinci model olan merkezleştirilmiş modelin optimal çözümleri aynı anda üretilmiştir. Üçüncü model olan ekonomik iş birliği modelinde bireysel kazanabildikleri kârdan daha azını kazanmamaları garanti edilerek model kurulmuştur ve dördüncü model olan sosyal iş birliğine dayalı model, önceliği hizmet seviyesini en büyükmeye vermiştir. TZY katılımcılarının kârlarını optimize eden bu dört model Tablo 4.1., 4.2., 4.3. ve 4.4.'te listelenmiştir.



Tablo 4.1. 1. Test problemi GA sonuçları

senaryo	model	k	T	amaç fonksiyonu	n	LT		
normal	iş dağılık merkezli	0.99709	10.8599	18154.85				
LT		0.996937	10.86257	18742.63	2	1.037533		
n		0.833268	13.97858	17155.99	2			
n ve LT		0.842266	13.7929	17498.88		1.425281		
normal		ekonomik birliği	1.428243	9.427061	84601.15			
LT			1.43641	9.227654	85406.28	2	1.005266	
n			1.235882	13.90625	90009.76	2		
n ve LT			1.274616	12.92035	90289.28		1.216301	
normal			iş merkezli	1.428498	9.422705	84601.15		
LT				1.429857	9.371728	85377.36	2	0.002838
n		1.26443		13.55179	89937.1	2		
n ve LT		1.212415		13.40257	90439.86		0.003091	
normal	sosyal birliği	1.428503	9.417604	84465.73				
LT		1.463631	9.232538	84677.72	2	0.002991		
n		1.295051	13.28546	89542.65	2			
n ve LT		1.301475	13.29238	89524.36		1.540818		
normal	tedarikçi	0.99709	10.8599	64882.96				
LT		0.996937	10.86257	65045.51	2	1.037533		
n		0.797654	13.97858	71067.52	2			
n ve LT		0.80018	0.037789	71093.22		1.425281		

Tablo 4.2. 2. Test problemi GA sonuçları

senaryo	model	k	T	amaç fonksiyonu	n	LT	
normal	iş dağılık merkezli	1.129325	12.774	5359.214			
LT		1.098825	13.44736	5381.58		1.011008	
n		1.075202	13.98662	5019.004	3		
n ve LT		1.079876	13.87867	5020.652	3	1.565294	
normal	ekonomik birliği	1.392609	11.60622	29896.66			
LT		1.388995	11.61117	30164.08		1.004123	
n		1.329828	13.61796	35293.61	3		
n ve LT		1.33858	13.84264	35344.97	3	1.642782	
normal		iş merkezli	1.393073	11.61413	29896.66		
LT			1.398598	11.51722	30155.59		0.002798
n	1.326766		13.93816	35462.84	3		
n ve LT	1.470304		13.85646	35368.18	3	0.00362	

Tablo 4.2.(Devamı)

normal	sosyal iş birliği	1.391623	11.61011	29853.3		
LT		1.393393	11.65738	29982.9		0.003112
n		1.33678	13.64863	34973.48	3	
n ve LT		1.285414	13.36661	34633.25	3	1.67081
normal	tedarikçi	1.129325	12.774	24080.86		
LT		1.098825	13.44736	24141.76		1.011008
n		0.858858	13.98662	29965.14	3	
n ve LT		0.859901	0.038024	29878.77	3	1.565294

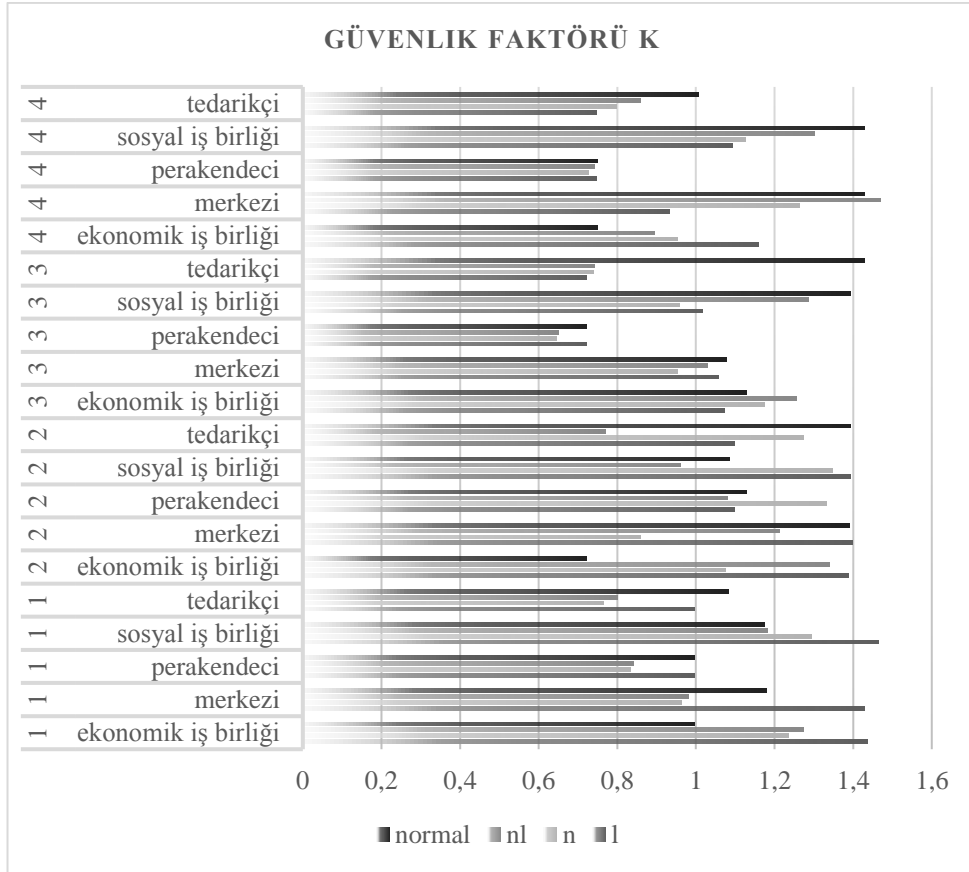
Tablo 4.3. 3. Test problemi GA sonuçları

senaryo	model	k	T	amaç fonksiyonu	n	LT
normal	ekonomik işdağılık merkezli birliği	0.722162	12.60622	5218.332		
LT		0.72148	12.61801	5216.506		1.001571
n		0.64501	13.98409	5068.26	3	
n ve LT		0.649322	13.90484	4820.031	3	2.023228
normal	merkezi	1.084354	10.93353	22575.86		
LT		1.073893	11.03343	22525.01		1.140628
n		0.954074	13.83685	24361.58	3	
n ve LT		0.894804	13.51735	24192.71	3	1.322208
normal	sosyal iş birliği	1.083817	10.936	22575.86		
LT		1.057517	11.38834	22497.08		0.003296
n		0.953239	13.87675	24366.69	3	
n ve LT		1.029945	13.80441	24045.62	3	0.005366
normal	tedarikçi	1.078146	11.03976	22523.96		
LT		1.01784	11.4083	22209.43		0.003912
n		0.957529	13.15822	24098.42	3	
n ve LT		0.962019	13.24773	24122.96	3	1.339329
normal		0.722162	12.60622	16918.79		
LT		0.72148	12.61801	16918.7		1.001571
n		0.74054	13.98409	18861.5	3	
n ve LT		0.741934	0.038095	18782.41	3	2.023228

Tablo 4.4. 4. Test problemi GA sonuçları

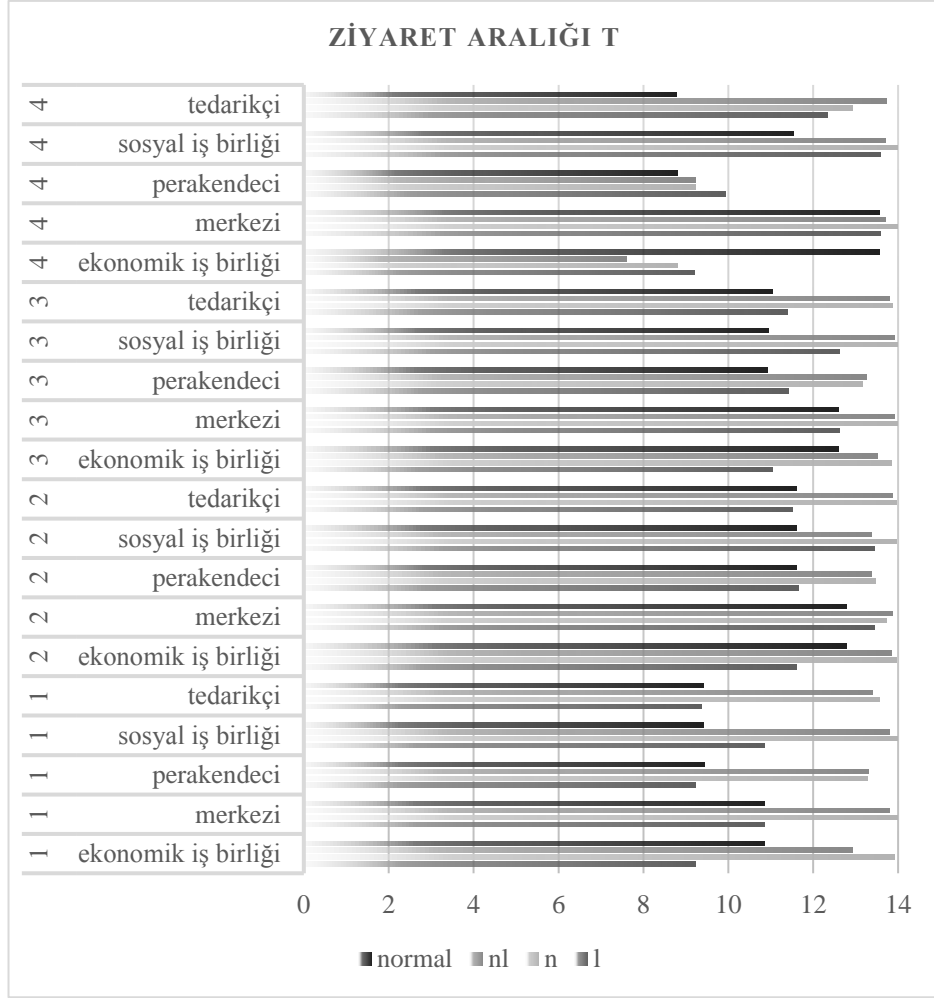
senaryo	model	k	T	amaç fonksiyonu	n	LT
normal	işdağınık merkezli	0.748529	13.56903	11572.46		
LT		0.753997	13.46847	11314.49		1.014443
n		0.726153	13.98523	11462.52	3	
n ve LT		0.737853	13.76679	11173.35	3	1.138266
normal	ekonomik birliğı	1.174709	8.806236	63211.45		
LT		1.127247	9.377463	62741.22		1.059379
n		1.17536	8.799782	63211.45	4	
n ve LT		1.064055	9.610023	62734.71	4	1.021419
normal	sosyal iş birliğı	1.006557	11.52504	62890.95		
LT		0.954548	12.7986	62227.38		0.003016
n		0.96441	12.91395	62904.66	3	
n ve LT		0.413604	10.26306	64,226	9	0.016556
normal	tedarikçi	1.17931	8.781866	63140.43		
LT		1.149845	8.836003	62441.83		0.003734
n		1.125358	9.21882	63092.95	4	
n ve LT		1.312012	7.556366	62600.3	5	1.046789
normal		0.748529	13.56903	50642		
LT		0.753996	13.46847	50613.18		1.014443
n		0.766127	0.038316	51102.36	3	
n ve LT		0.769696	0.037717	51042.12	3	1.138266

Bu yazıda, genetik algoritmayı önermenin amacı, yetersiz kalan kâr optimizasyonu çözümlerinin ve uzun hesaplama süresi sorunlarının üstesinden gelmektir. Bu çalışmada temel olarak genetik algoritma kullanıldıktan sonra kâr optimizasyonu dört farklı senaryoda karşılaştırılmaktadır. Algoritmada aşağıdaki koşulların karşılanması gerekmektedir: izin verilen en uzun tedarik süresi kısıdı, sosyal ve ekonomik iş birliğı modelleri için, aşamaların dağınık merkezli modelden daha çok kazanmalarının garanti edilmesi kısıdı ve müşterilerin bekletilmemesi için dolium oranı kısıdı. Algoritmaların sonuçları aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir.



Şekil 4.8. k'nın modeller ve senaryolardaki değerleri

Güvenlik faktörü k, hizmet seviyesinin yüksek olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle perakendeci için önemli bir değişkendir. Fakat tedarikçinin kârlılığını etkilediği için düşürülmesi gereken bir değişken olduğu, Şekil 4.8.'de de sadece T ve k'nın değişken olarak alındığı modele göre düşürüldüğü görülmektedir.



Şekil 4.9. T'nin modeller ve senaryolardaki değerleri

Şekil 4.9.'da T ziyaret aralığının farklı senaryolar ve modellerdeki değerleri görülmektedir. Ziyaret sıklığında en kısa süre Ekonomik iş birliği modelinde 9 gün olarak bulunmuştur. Kısa sürede ziyaret gerçekleşmesine rağmen kârlılık baz alınan modelden yaklaşık %2 fazladır. En uzun ziyaret aralığı uzak yaklaşık 14 gün bulunmuştur ve kâr oranı modellere göre değişiklik göstermektedir.

#### 4.2. Duyarlılık Analizi

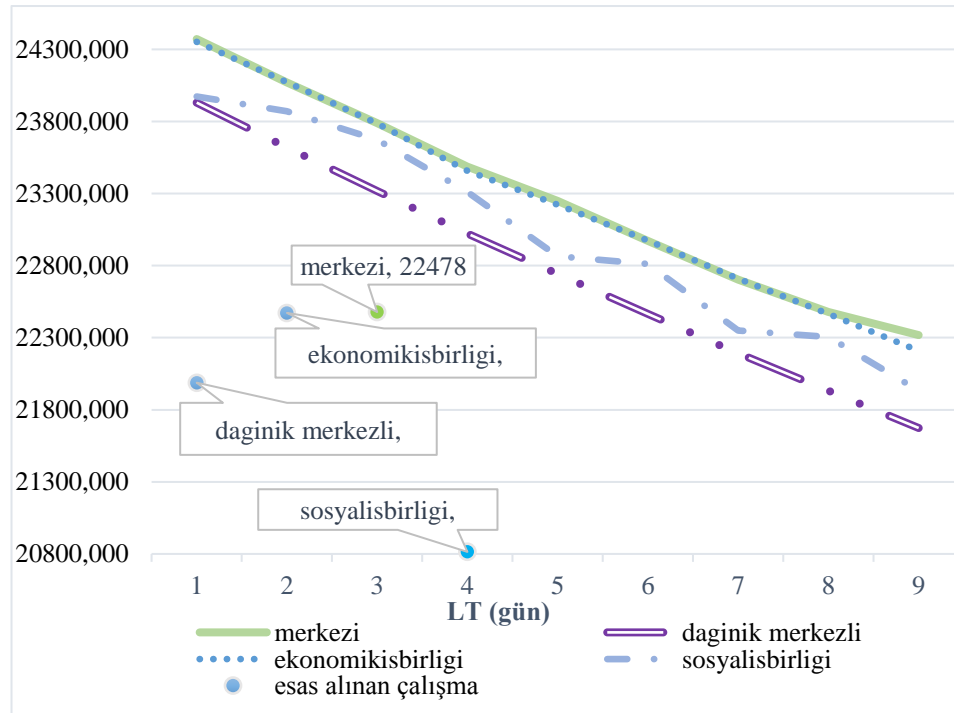
Çalışmanın sonuçları değişkenler açısından ele alındığında ortaya çıkan grafikler hangi girdinin daha çok etkilediğini göstermektedir. Bu bölümde kötü sonuç veren dördüncü test probleminde, l, n, nl ve senaryoları ele alınacaktır.

Teslim süresi ziyaret sıklığından farklı olarak ele alınmaktadır. Gerçek hayatta teslim süresini belirleyen faktörler tüm ilaçlara göre değişmektedir. İlaç gibi maddelerin tedarikinde önemli olan iki etmen güvenilirlik ve kontroldür. Örneğin, üretim planlarında, görünürlük ve kontrol eksikliğinden dolayı şişirilmiş üretim süreleri bulunabilmektedir. Üretim planlamacıları üretim gecikmelerinden sorumlu tutulmak istemediğinden, standart MRP'lerde yaygın olarak “güvenlik teslim süreleri” kullanılmaktadır (Mubarik vd, 2021).

Tablo 4.5. Teslim süresinin etmenleri

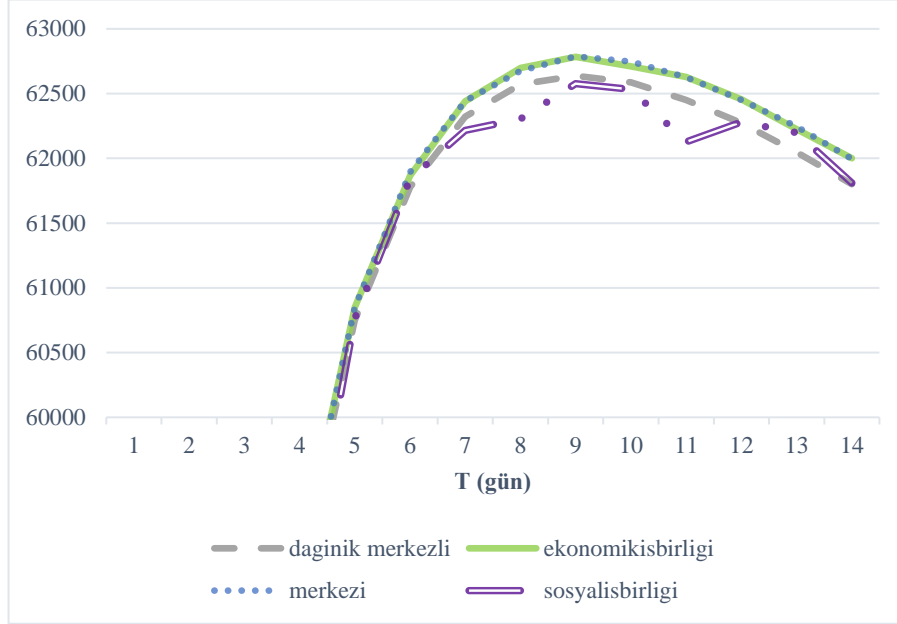
Teslim süresi güvenirliği	Teslim Süresi	Kısa	Uzun
	Düşük		Sıkı kontrol gerekli Hızlı karar verme
Yüksek		İdeal durum	Yüksek görünürlük gerekli

Şekil 4.10.'da teslim süresinin kâra etkisi görülmektedir, teslim süresi arttıkça tüm modellerde kâr azalmaktadır.



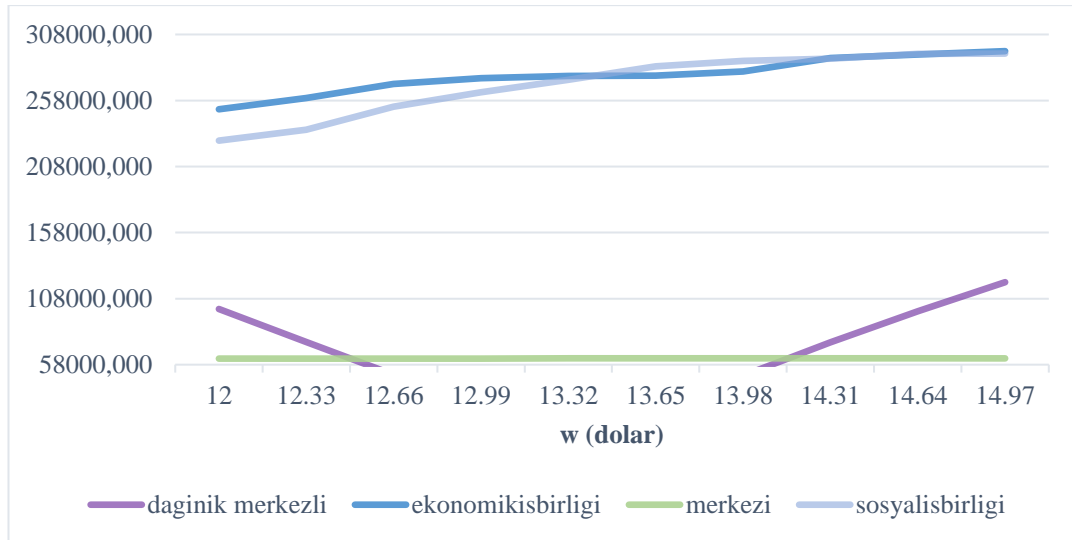
Şekil 4.10. Teslim süresinin kâra etkisi (noktalar esas alınan makaledeki değerleri göstermektedir)

T analizi için 1 günden, izin verilen 14 güne kadar değerler programa girdirilerek aşağıdaki grafik oluşturulmuştur.



Şekil 4.11. T'nin farklı değerlerine göre 3. Test probleminde 1 senaryosunun çıktıları

Şekil 4.11.'de 60 bin kârdan sonrası görülmektedir, LT'ye karar veren bu senaryoda sosyal iş birliği modeli diğer modellere ziyaret süresi uzadığında yetişememektedir.

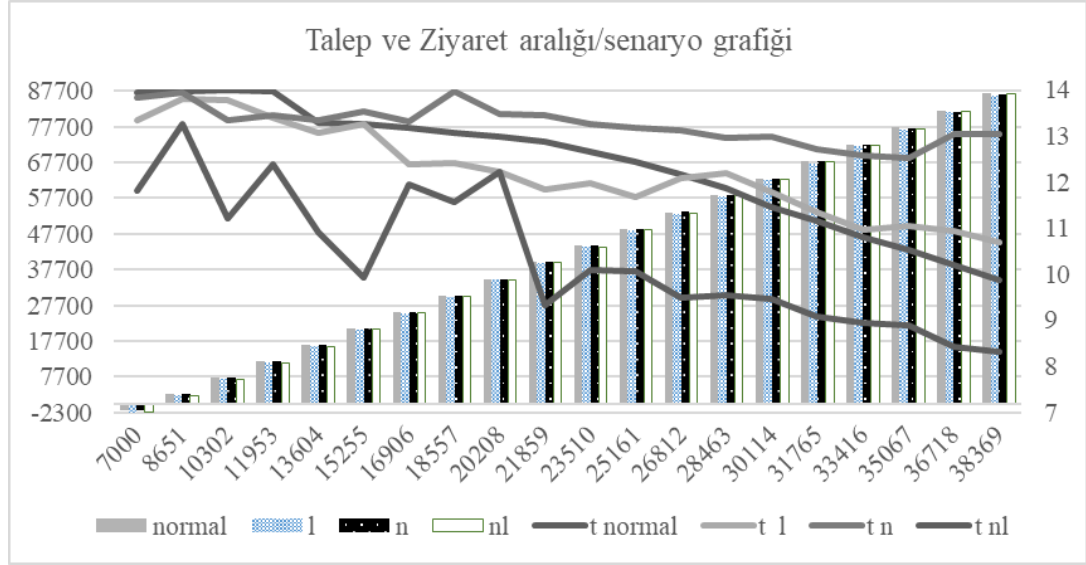


Şekil 4.12. Tedarikçinin perakendeciye olan fiyatlandırmasının analizi

Dördüncü test probleminde genetik algoritmanın sosyal iş birliği modelinde kâr için yüksek iyi vermesine rağmen diğer modellerde, özellikle merkezi olarak kurulan modelde kötü sonuçlar verdiği bir önceki bölümde, Tablo 4.4.'te görülmüştür. Bu

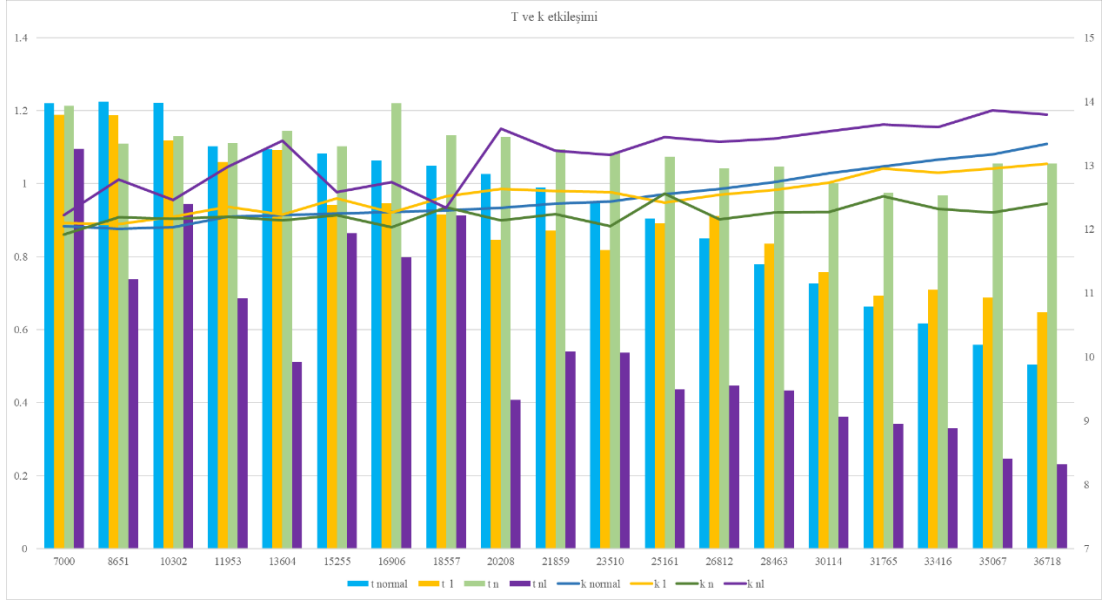
sonuçların hangi parametreden kaynaklandığını analiz etmek için değişkenler Python programı yardımıyla değiştirilerek aşağıdaki grafikler oluşturulmuştur.

Problemler arasında genetik algoritmada tek kötü sonucu veren 4. Test probleminde merkezi modelin analizi yapıldığında,



Şekil 4.13.'te görülen grafiğe göre talep 8000'in altındayken merkezi model zarar etmekte, talep arttıkça modelin kârı artmaktadır.





Şekil 4.14. T ve k'nın talep karşısında değişimi

Şekil 4.14.'te T ve k'nın talep karşısında değişimi görülmektedir, buna göre, T süresinin kısalması, k güvenlik faktörünü artırmaktadır. Bu da hizmet seviyesinin artmasına neden olmaktadır.

## **BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ**

İlaç tedarik zinciri, nakit ve ilaç akışlarını sürekli olarak planlaması gereken farklı düğümlerden oluşmaktadır. Bu düğümler literatürde genellikle dağıntık merkezli olarak planlanmaktadır. Dağıntık merkezli model, iki aşama içeren bir tedarik zinciri için iki kez modelleme gerektirmektedir. Diğer yandan sistem iki aşamalı modele göre programlandığında ise tek bir model kurularak koordine bir şekilde sonuç alınabilmektedir. Bu çalışmada iki aşamalı model kullanılarak ulaşılan sonuçta kâr dağıntık merkezli modele göre yükselmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan GA, herhangi bir parametreyi değiştirmeden geleneksel çözüm yöntemlerinden daha başarılı sonuçlar vermiştir. Modele kısıt, amaç fonksiyonu, değişken sayısı gibi parametrelerde esneklik kazandırılması ve modelin sürdürülebilir olmasını sağlamak için Python programlama dilinde yazılan program, sınırsız karar değişkeni kullanabilmekte ve her türlü iki aşamalı modeli çözmek için kullanılabilir.

Bu tez çalışması literatürde araştırma yaparak riskli bir zincir olan iki aşamalı modelin ilaç tedarik zincirinde kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu sonuca ulaşırken tezde kullanılan iş birliği modellerinin geleneksel modeller ile arasındaki farkının net olarak görülmesini sağlamıştır. Modellerin kıyaslamasının yanında, literatürde bulunan çalışmalardan hareketle modellere ek değişkenler kullanılmış ve bunların da probleme sağladığı katkı gösterilmiştir. İlaç tedarik zinciri bu bağlamlarda literatüre yeni bir uygulama sunmuştur.

Genetik algoritma, evrimsel çözüm tekniklerinin bir parçasını oluşturmaktadır ve geleneksel olan yöntemlerle hesaplanması zor veya neredeyse olanaksız olan problemlerin hesaplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Mühendislik problemlerinde daha çok en uygun değeri bulmak amaçlı kullanılmaktadır ve klasik yöntemlerden daha uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu çalışmada, genetik algoritma yönteminin iki aşamalı ilaç tedarik zincirinde verdiği sonuçlar

incelenmiştir. Tartışılan örnek problemlerde geleneksel yönteme göre genetik algoritma, genellikle daha iyi sonuçlar elde etmiştir. Genetik algoritma, basit problemlerden daha zor ve daha karmaşık matematiksel ifadelerden ve farklı mühendislik alanlarındaki optimizasyon problemlerine kadar başarılı sonuçlar vermektedir. Bu çalışma GA'yı iki aşamalı ilaç tedarik zinciri için kullanmış ve sonuçları bir vaka çalışmasının sonucu ile karşılaştırmıştır. GA'nın anlaşılması daha kolay olması ve matematiksel modelden daha hızlı çalışması bu çalışmanın sonuçlarını geleneksel modelden daha iyi kılmaktadır.

Gelecekteki araştırmalar için, yazılan algoritma üç ve dört aşamalı ilaç tedarik zinciri modelleri üzerinde kolaylıkla uygulanabilir bir program olmuştur. Ayrıca gelecekte bu tezde çalışılan problem çok amaçlı optimizasyon problemi olarak uyarlanabilir. Bir diğer çalışma da gerçek hayatta iki aşamalı ilaç TZY modelinin kullanılması ve gerçek bir eczane-depo ilişkisinin değişkenlerini gözlemleyerek bu modellerden hasta, ecza deposu ve eczane için en iyi olanını bir sistem aracılığı ile tüm eczane ve depoların kullanabilmesi sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

- Abbasi, S., Saboury, A. and Jabalameli, M.S., 2021. Reliable supply chain network design for 3PL providers using consolidation hubs under disruption risks considering product perishability: An application to a pharmaceutical distribution network. *Computers & Industrial Engineering*, 152, p.107019.
- Aigbogun, O., Ghazali, Z., Razali, R. (2014), A framework to enhance supply chain resilience: The case of Malaysian pharmaceutical industry. *Global Business and Management Research: An International Journal*, 6(3), 219-229.
- Alfredsson, P. and Verrijdt, J., 1999. Modeling emergency supply flexibility in a two-echelon inventory system. *Management science*, 45(10), pp.1416-1431.
- Almaktoom, A.T., Krishnan, K.K., Wang, P. and Alsobhi, S., 2014. Assurance of system service level robustness in complex supply chain networks. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 74(1-4), pp.445-460.
- Ambekar, S., Rohit, K.: Optimization of inventory policies of food grain distribution stage in public distribution system. *Benchmarking Int. J.* 26(2), 692–713 (2019)
- Andersson, J. ve Melchior, P. 2001. Two-echelon inventory model with lost sales. *International Journal of Production Economics*.
- APQC 2010. Inventory Optimization: Balancing the Asset vs. Service Tradeoff. Available at: <https://www.apqc.org/resource-library/resource-listing/inventory-optimization-balancing-asset-vs-service-tradeoff-report>.
- Aria Nezhad, M.G., Makuie, A., Khayatmoghadam, S.: Developing ve solving two-echelon inventory system for perishable items in a supply chain: case study (Mashhad Behrouz Company). *J. Ind. Eng. Int.* 9, 39 (2013)
- Arnaut JPM, Maatouk M (2010) Optimization of quality and operational costs through improved scheduling of harvest operations. *Int Trans Oper Res* 17(5):595–605
- Axsäter, S. 1990. "Simple Solution Procedures for a Class of Two-Echelon Inventory Problems." *Operations Research* 38 (1): 64.
- Axsäter, S. 1993. Exact and approximate evaluation of batch-ordering policies for two-level inventory systems. *Operations Research*. 41(4), ss.777–785.
- Badhotiya, G. K., Sharma, V. P., Prakash, S., Kalluri, V., & Singh, R. (2021). Investigation and assessment of blockchain technology adoption in the pharmaceutical supply chain. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.673>. In press.

- Barcos, L., Barroso, A., Surroca, J. and Tribó, J.A., 2013. Corporate social responsibility and inventory policy. *International Journal of Production Economics*, 143(2), pp.580-588.
- Beshara, S., El-Kilani K., Galal N.M. (2012). Simulation of Agri-Food Supply Chain. *International Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 6.
- Bolat, B., Erol, K. and Imrak, C., 2004. Genetic algorithms in engineering applications and the Function of operators. *Sigma*, 4, pp.264-271.
- Cachon G. P. 2001. "Stock wars: Inventory competition in a two-echelon supply chain with multiple retailers," *Oper. Res.*, vol. 49, no. 5, pp. 658–674, doi: 10.1287/opre.49.5.658.10611.
- Cachon G.P. ve Zipkin, P.H. 1999. "Competitive ve cooperative inventory policies in a two-stage supply chain", *Management Science*, vol. 45, no. 7, pp. 936-953.
- Canel, C., Khumawala, B.M., Law, J. ve Loh, A. 2001. An algorithm for the capacitated, multi-commodity multi-period facility location problem. *Computers and Operations Research*. 28(5), ss.411–427.
- Chaudhary, A., Gustafson, D. and Mathys, A., 2018. Multi-indicator sustainability assessment of global food systems. *Nature communications*, 9(1), pp.1-13.
- Chopra, S. ve P. Meindl. 2013. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, ve Operation*. Chapter 1, 5th ed. Harlow: Pearson. [www.pearson.com](http://www.pearson.com). [Google Scholar].
- Chopra, S. 2003. Designing the distribution network in a supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics ve Transportation Review* 39(2), pp. 123–140. Available at: [www.elsevier.com/locate/tre](http://www.elsevier.com/locate/tre) [Accessed: 29 August 2021].
- Comert, S.E., Yazgan, H.R., Kır, S. and Yener, F., 2018. A cluster first-route second approach for a capacitated vehicle routing problem: a case study. *International Journal of Procurement Management*, 11(4), pp.399-419.
- Cooper, M.C., Lambert, D.M. ve Pagh, J.D. 1997. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *The International Journal of Logistics Management* 8(1), pp. 1–14. doi: 10.1108/09574099710805556.
- Cortinhal, M.J., Lopes, M.J. ve Melo, M.T. 2015. Dynamic design and re-design of multi-echelon, multi-product logistics networks with outsourcing opportunities: A computational study. *Computers and Industrial Engineering*. 90, ss.118–131.
- Costantino, R. C. (2021). The US medicine chest: Understanding the US pharmaceutical supply chain and the role of the pharmacist. *Journal of the American Pharmacists Association*, 61(1), e87–e92.
- Darvish, M., Archetti, C., Coelho, L.C. ve Speranza, M.G. 2019. Flexible two-echelon location routing problem. *European Journal of Operational Research*. 277(3), ss.1124–1136.
- De Bodt, M.A. and Graves, S.C., 1985. Continuous-review policies for a multi-echelon inventory problem with stochastic demand. *Management Science*, 31(10), pp.1286-1299.

- Denizhan B., Arslankaya S., ve Kokusuz Polat T., 2009."Knowledge Leverage Approach for Stronger Supply Chain," European ve Mediterranean Conference on Information Systems.
- Ellinger, A.E. 2000. Improving Marketing/Logistics Cross-Functional Collaboration in the Supply Chain. *Industrial Marketing Management*. 29(1), ss.85–96.
- Enyinda CI, Mbah CHN, Ogbuehi A: An empirical analysis of risk mitigation in the pharmaceutical industry supply chain: a developing-country perspective. *Thunderbird Int Business Revw*. 2010, 52: 45-54. 10.1002/tie.20309.
- Ercan Cömert, S., Gökler S.H., ve Yazgan, H.R. 2016. "Hücresel İmalat Sistemlerinin K-Means Algoritması ve Genetik Algoritma ile Tasarlanması: Bir Uygulama." *Academic Platform Journal of Engineering ve Science* 4 (3). <https://doi.org/10.21541/apjes.06335>.
- Ertogral, K. and Rahim, M.A., 2005. Replenish-up-to inventory control policy with random replenishment intervals. *International Journal of Production Economics*, 93, pp.399-405.
- Esmaili, M., Naghavi, M.S., Ghahghaei, A.: Optimal (R, Q) policy ve pricing for two echelon supply chain with lead time ve retailer's service-level incomplete information. *J. Ind. Eng. Int.* 14, 43–53 (2018)
- Fattahi, M., Mahootchi, M., Govindan, K. ve Moattar Hussein, S.M. 2015. Dynamic supply chain network design with capacity planning and multi-period pricing. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 81, ss.169–202.
- Geem, Z.W., Kim, J.H. ve Loganathan, G. V. 2001. A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search. *Simulation* 76(2), pp. 60–68. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/003754970107600201> [Accessed: 22 April 2021].
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. 2005. Solving Inventory Management Problems. İçinde: *Introduction to Logistics Systems Planning ve Control* (pp. 121–155). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/0470014040.ch4>
- Gilmore, D. 2008. Supply chain news: What is inventory optimization? Erişim Tarihi: Mart 10, 2021. <http://www.scdigest.com/assets/firstthoughts/08-08-28.php>.
- Goldberg, D.E., Korb, B. and Deb, K., 1989. Messy genetic algorithms: Motivation, analysis, and first results. *Complex systems*, 3(5), pp.493-530.
- Govindan, K., Jafarian, A., Khodaverdi, R. and Devika, K., 2014. Two-echelon multiple-vehicle location–routing problem with time windows for optimization of sustainable supply chain network of perishable food. *International Journal of Production Economics*, 152, pp.9-28.
- Graves, S.C., 1985. A multi-echelon inventory model for a repairable item with one-for-one replenishment. *Management science*, 31(10), pp.1247-1256.
- Guerrero, W.J., Yeung, T.G. and Guéret, C., 2013. Joint-optimization of inventory policies on a multi-product multi-echelon pharmaceutical system with batching

- and ordering constraints. *European Journal of Operational Research*, 231(1), pp.98-108.
- Guerrero, W.J., Yeung, T.G. and Guéret, C., 2013. Joint-optimization of inventory policies on a multi-product multi-echelon pharmaceutical system with batching and ordering constraints. *European Journal of Operational Research*, 231(1), pp.98-108.
- Hoadley, B. and Heyman, D.P., 1977. A two-echelon inventory model with purchases, dispositions, shipments, returns and transshipments. *Naval Research Logistics Quarterly*, 24(1), pp.1-19.
- Houtum, G.-J. van ve Kranenburg, B. 2015. Two-echelon system İçinde: *International Series in Operations Research and Management Science* [Çevrimiçi]. Springer New York LLC, ss.127–158. [Erişim 1 Eylül 2020]. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-7609-3\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-7609-3_6).
- Hwang J. N. ve Lee C. E. 2003. A Study of Two-echelon distribution system with multiple demand within one period, *Industry Forum*, Vol. 4, pp. 65–96
- Izadi, A. and mohammad Kimiagari, A., 2014. Distribution network design under demand uncertainty using genetic algorithm and Monte Carlo simulation approach: a case study in pharmaceutical industry. *Journal of Industrial Engineering International*, 10(1), pp.1-9.
- Jaberidoost, M., Olfat, L., Hosseini, A., Kebriaeezadeh, A., Abdollahi, M., Alaeddini, M., & Dinarvand, R. (2015). Pharmaceutical supply chain risk assessment in Iran using analytic hierarchy process (AHP) and simple additive weighting (SAW) methods. *Journal of Pharmaceutical Policy and Practice*, 8(1), 9–10. doi:10.1186/s40545-015-0029-3 [Crossref], [PubMed], [Google Scholar]
- Hwang J.N. 2010. A novel approach to find optimal transshipment rules in a two echelon distribution system, *Journal of Statistics ve Management Systems*, 13:6, 1261-1282, DOI: 10.1080/09720510.2010.10701533
- Kannan, G., Sasikumar, P. ve Devika, K. 2010. A genetic algorithm approach for solving a closed loop supply chain model: A case of battery recycling. *Applied Mathematical Modelling* 34(3), pp. 655–670. doi: 10.1016/j.apm.2009.06.021.
- Karimi-Nasab, M. and Konstantaras, I., 2013. An inventory control model with stochastic review interval and special sale offer. *European Journal of Operational Research*, 227(1), pp.81-87.
- Kim, C.O., Jun, J., Baek, J.K., Smith, R.L. and Kim, Y.D., 2005. Adaptive inventory control models for supply chain management. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 26(9), pp.1184-1192.
- Knofius, N., van der Heijden, M.C. ve Zijm, W.H.M. 2019. Consolidating spare parts for asset maintenance with additive manufacturing. *International Journal of Production Economics*. 208(November 2018), ss.269–280.
- Kshetri, N. (2021). Healthcare and pharmaceutical industry supply chains. In N. Kshetri (Ed.), *Blockchain and supply chain management* (pp. 115–137). Elsevier.

- Laporte, G. 1988. Location-routing problems. In B. L. Golden and A. A. Assad, editors, *Vehicle Routing: Methods and Studies*, pages 163–198. North-Holland, Amsterdam.
- Lariviere ve Porteus E. L. 2021. "Selling to the newsvendor: An analysis of price-only contracts", *Manufact. Serv. Oper. Manage.*, vol. 3, no. 4, pp. 293-305.
- Lee, H.L. 1987. A multi-echelon inventory model for repairable items with emergency lateral shipments, *Management Science* 33. ss. 1302—1316
- Li, J. C., Lu, J. H., Wang, Q. L., ve Li, C. 2018. Quality ve pricing decisions in a two-echelon SC with bargaining fairness concerns. *Discrete Dynamics in Nature ve Society*.
- Livingston, A. N., & Mattingly, T. J. (2021). Drug and medical device product failures and the stability of the pharmaceutical supply chain. *Journal of the American Pharmacists Association*, 61(1), e119–e122.
- Lücker, F., Seifert, R.W. 2017. Building up Resilience in a Pharmaceutical Supply Chain Through Inventory, Dual Sourcing and Agility Capacity. *Omega*, Vol. 73: 114- 124.
- Mohamed, I. Ben 2019. Designing Two Echelon Distribution Networks under Uncertainty. Université de Bordeaux. Available at: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02876543>.
- Mohamed, I. Ben, Klibi, W. ve Vanderbeck, F. 2020. Designing a two-echelon distribution network under demand uncertainty. *European Journal of Operational Research*. 280(1), ss.102–123.
- El Mokrini, A., Kafa, N., Dafaoui, E., El Mhamedi, A. and Berrado, A., 2016. Evaluating outsourcing risks in the pharmaceutical supply chain: Case of a multi-criteria combined fuzzy AHP-PROMETHEE approach. *IFAC-PapersOnLine*, 49(28), pp.114-119.
- Montgomery, D.C., Bazaraa, M.S. and Keswani, A.K., 1973. Inventory models with a mixture of backorders and lost sales. *Naval Research Logistics Quarterly*, 20(2), pp.255-263.
- Moses M. and Seshadri, S. 2000. "Policy mechanisms for supply chain coordination", *IIE Transactions*, vol. 32, pp. 245-262.
- Moslemi, S., Sabegh, M.H.Z., Mirzazadeh, A., Ozturkoglu, Y. and Maass, E., 2017. A multi-objective model for multi-production and multi-echelon closed-loop pharmaceutical supply chain considering quality concepts: NSGAI approach. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8(2), pp.1717-1733.
- Muckstadt, J.A. 1973. A model for a multi-item, multi-echelon, multi-indenture inventory system *Manag. Sci.*, 20 ss. 472-481.
- Mustaffa, N.H. and Potter, A., 2009. Healthcare supply chain management in Malaysia: a case study. *Supply chain management: an international journal*.



- Nagaraju, D., Rao, A.R., Narayanan, S.: Optimal lot sizing ve inventory decisions in a centralised ve decentralised two echelon inventory system with price dependent demand. *Int. J. Logistics Syst. Manag.* 20, 1–23 (2015)
- Nasrollahi, M. ve Razmi, J. 2021. A mathematical model for designing an integrated pharmaceutical supply chain with maximum expected coverage under uncertainty. *Operational Research* 21(1), pp. 525–552. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12351-019-00459-3> [Accessed: 9 June 2021].
- Nasrollahi, M. ve Razmi, J., 2019. A mathematical model for designing an integrated pharmaceutical supply chain with maximum expected coverage under uncertainty. *Operational research*, pp.1-28.
- Nematollahi, M. Hosseini-Motlagh, S. M.andHeydari, J. 2017. "Economic ve social collaborative decision-making on visit interval ve service level in a two-echelon pharmaceutical supply chain," *J. Clean. Prod.*, vol. 142, pp. 3956–3969, Jan. 2017, DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.10.062.
- Netessine, S., N. Rudi, "Supply chain structures on the Internet: Marketing operations coordination", Working paper, Wharton School, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA. 2001. <http://omg.simon.rochester.edu/omgHome/Rudi/Serguei/dropship.pdf>, M. A.
- Ouabouch, L., & Amri, M. (2013). Analysing supply chain risk factors: A probability-impact matrix applied to pharmaceutical industry. *Journal of Logistics Management*, 2(2), 35–40. doi:10.5923/j.logistics.20130202.01 [Crossref], [Google Scholar]
- Ouyang L. Y. ve Chuang, B. R. 2000. "A periodic review inventory model involving variable leadtime with a service level constraint," *Int. J. Syst. Sci.*, vol. 31, no. 10, pp. 1209–1215, doi: 10.1080/00207720050165717.
- Panda, S. Modak N. M. ve Cárdenas-Barrón, L. E. 2017."Coordinating a socially responsible closed-loop supply chain with product recycling", *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 188, pp. 11-21, Jun.
- Pariazar, M., Root, S., Sir, M.Y. (2017). Supply chain design considering correlated failures and inspection in pharmaceutical and food supply chains. *Computers and Industrial Engineering*, 111, 123-138.
- Pasandideh, S.H.R., Niaki, S.T.A. ve Tokhmehchi, N. 2011. A parameter-tuned genetic algorithm to optimize two-echelon continuous review inventory systems. *Expert Systems with Applications* 38(9), pp. 11708–11714. doi: 10.1016/j.eswa.2011.03.056.
- Pichka, K., Bajgiran, A.H., Petering, M.E.H., Jang, J. ve Yue, X. 2018. The two echelon open location routing problem: Mathematical model ve hybrid heuristic. *Computers ve Industrial Engineering*. 121(May), ss.97–112.
- Pitakaso, R., Sethanan, K. ve Theeraviriya, C. 2020. Variable neighborhood strategy adaptive search for solving green 2-echelon location routing problem. *Computers ve Electronics in Agriculture*. 173, s.105406.

- Privett, N. ve Gonsalvez, D. 2014. The top ten global health supply chain issues: Perspectives from the field. *Operations Research for Health Care* 3(4), pp. 226–230. doi: 10.1016/j.orhc.2014.09.002.
- Privett, N., Gonsalvez, D., 2014. The Top Ten Global Health Supply Chain Issues: Perspectives From The Field. *Operations Research For Health Care* 3, 226–230. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2014.09.002>
- Rahdar, M., Wang, L., Hu, G.: A tri-level optimization model for inventory control with uncertain demand and lead time. *Int. J. Prod. Econ.* 195, 96–105 (2018)
- Rahman, M. 2017. Two-Echelon Vehicle Routing Problems Using Unmanned Autonomous Vehicles. [Çevrimiçi] North Dakota State University. Available from: <https://library.ndsu.edu/ir/handle/10365/28423>.
- Rahmani, Y., Cherif-Khettaf, W.R. and Oulamara, A., 2015. A local search approach for the two–echelon multi-products location–routing problem with pickup and delivery. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), pp.193-199.
- Sabet, E., Yazdani, N. and De Leeuw, S., 2017. Supply chain integration strategies in fast evolving industries. *The international journal of logistics management*.
- Sabri EH, Beamon BN. 2000. "A multi-objective approach to simultaneous strategic ve operational planning in supply chain design". *Omega*, 28(5), 581-598.
- Sakulsom, N., Tharmmaphornphilas, W. 2019. "Heuristics for a periodic-review policy in a two-echelon inventory problem with seasonal demand". *Computers & Industrial Engineering*, 133, 292-302.
- Sakulsom, N., ve Tharmmaphornphilas, W. Heuristics for a periodic-review policy in a two-echelon inventory problem with seasonal demand. *Computers & Industrial Engineering*. 2019.
- Saracoglu, I., Topaloglu, S. and Keskinurk, T., 2014. A genetic algorithm approach for multi-product multi-period continuous review inventory models. *Expert Systems with Applications*, 41(18), pp.8189-8202.
- Saracoglu, I., Topaloglu, S. ve Keskinurk, T. 2014. A genetic algorithm approach for multi-product multi-period continuous review inventory models. *Expert Systems with Applications* 41(18), pp. 8189–8202. Available at: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0957417414003959> [Accessed: 21 January 2020].
- Sherbrooke, C.C. 1968. "METRIC: A Multi-Echelon Technique for Recoverable Item Control". *Operations Research* 36 ss.122–141.
- Simchi-Levi D., Kaminsky P. ve Simchi-Levi E., *Managing the Supply Chain: The Definitive Guide for the Business Professional*, New York: McGraw-Hill, 2004.
- Snyder, L. 2011. *Multi-Echelon Inventory Optimization: An Overview*. Cummins, Inc., Seminar Series. 11, ss.1–60.
- Soleimani, H., Seyyed-Esfahani, M. ve Shirazi, M.A. 2013. Designing ve planning a multi-echelon multi-period multi-product closed-loop supply chain utilizing genetic algorithm. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 68(1–4), pp. 917–931. doi: 10.1007/s00170-013-4953-6.

- Sood, N., Mulligan, K., & Zhong, K. (2021). Do companies in the pharmaceutical supply chain earn excess returns? *International Journal of Health Economics and Management*, 21, 99–114.
- Spratt, S. S. O. Company, C. Harrity, ve C. Choate, 2011. "Inventory Optimization: Balancing the Asset versus," pp. 1–3.
- Spratt, S., Company, S.O., Harrity, C. ve Choate, C. 2011. *Inventory Optimization : Balancing the Asset versus.*, pp. 1–3.
- Tagaras G. (1989), Effects of pooling on the optimization ve service levels of two-location inventory systems, *IEEE Tran.*, Vol. 21, pp. 250– 257.
- Taleizadeh, A. A. N. Alizadeh-Basban ve B. R. Sarker, 2018. "Coordinated contracts in a two-echelon green supply chain considering pricing strategy", *Comput. Ind. Eng.*, vol. 124, pp. 249-275.
- Tarim, S.A. 1993. A Survey Of Multi-Echelon Inventory. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 11, Ss.115–150.
- Tat, R., Heydari, J., & Rabbani, M. (2021). Corporate social responsibility in the pharmaceutical supply chain: An optimized medicine donation scheme. *Computers & Industrial Engineering*, 152. Art. No. 107022.
- Thomas D.J. ve Griffin P.M. 1996. "Coordinated supply chain management", *European Journal of Operational Research*, vol. 94, pp. 1-15.
- Tohamy, N. 2010. *A User Guide to Network Design ve Inventory Optimization Solutions*. Gartner. Available at: <https://www.gartner.com/doc/1488131/user-guide-network-design-inventory>.
- Topan, E., Bayındır, Z.P. and Tan, T., 2017. Heuristics for multi-item two-echelon spare parts inventory control subject to aggregate and individual service measures. *European Journal of Operational Research*, 256(1), pp.126-138.
- Van den Berg, D., van der Heijden, M.C. and Schuur, P.C., 2016. Allocating service parts in two-echelon networks at a utility company. *International journal of production economics*, 181, pp.58-67.
- Vijayashree, M., Uthayakumar, R.: A single-vendor ve a single-buyer integrated inventory model with ordering cost reduction dependent on lead time. *J. Ind. Eng. Int.* 13, 393–416 2017.
- Wall, M.B., 1996. *A genetic algorithm for resource-constrained scheduling* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Wang, Y., Fan, R., Shen, L. and Jin, M., 2020. Decisions and coordination of green e-commerce supply chain considering green manufacturer's fairness concerns. *International Journal of Production Research*, 58(24), pp.7471-7489.
- Weraikat, D., Zanjani, M.K. and Lehoux, N., 2016. Two-echelon pharmaceutical reverse supply chain coordination with customers incentives. *International Journal of Production Economics*, 176, pp.41-52.
- Woosley, J.M. and Wiley-Patton, S., 2009. Decision support in healthcare supply chain management and pharmaceutical inventory control. *AMCIS 2009 Proceedings*, p.498.

- Yilmaz, E. ve Bilgin, E. 2019. Çok kademeli bir tedarik zinciri ağı için üretim- dağıtım ve tersine lojistik planlaması. *Research Studies Anatolia Journal* 2(4), pp. 55–71. Available at: <https://doi.org/10.33723/rs.478610> [Accessed: 21 September 2020].
- Zandieh, M., Janatyan, N., Alem-Tabriz, A. and Rabieh, M., 2018. Designing sustainable distribution network in pharmaceutical supply chain: A case study. *International journal of supply and operations management*, 5(2), pp.122-133.
- Zeballos, L.J., Méndez, C.A. ve Barbosa-Povoa, A.P. 2016. Design and Planning of Closed-Loop Supply Chains: A Risk-Averse Multistage Stochastic Approach. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 55(21), ss.6236–6249.
- Zhuge, D., Yu, S., Zhen, L. ve Wang, W. 2016. Multi-period distribution center location and scale decision in supply chain network. *Computers and Industrial Engineering*. 101, ss.216–226.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Elif Yıldırım

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	İstanbul Şehir Üniversitesi / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi / Endüstri Mühendisliği	(2015)
Lise	Sakarya Figen Sakallıoğlu Anadolu Lisesi	(2010)

### İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2017-Halen	Sakarya Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

### YABANCI DİL

İngilizce

### YAYINLAR

1. Elif Yıldırım ve Berrin Denizhan, A Two-Echelon Pharmaceutical Supply Chain Optimization via Genetic Algorithm, Springer Nature, 2021.

### HOBİLER

Geleneksel Okçuluk, Hat sanatı, Spor