

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TEK DÖNEMLİ STOKASTİK ENVANTER PROBLEMİNE  
YÖNELİK SİMÜLASYON TABANLI OPTİMİZASYON  
YAKLAŞIMI**

**Hazırlayan  
Tutku KILINÇ ERARSLAN**

**Danışman  
Prof. Dr. Hülya TORUN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Aralık 2024  
KAYSERİ**



**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TEK DÖNEMLİ STOKASTİK ENVANTER PROBLEMİNE  
YÖNELİK SİMÜLASYON TABANLI OPTİMİZASYON  
YAKLAŞIMI  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan  
Tutku KILINÇ ERARSLAN**

**Danışman  
Prof. Dr. Hülya TORUN**

**Aralık 2024  
KAYSERİ**

## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK**

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Tutku KILINÇ ERARSLAN

İmza

**“TEK DÖNEMLİ STOKASTİK ENVANTER PROBLEMİNE YÖNELİK SİMÜLASYON TABANLI OPTİMİZASYON YAKLAŞIMI”** adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

**Hazırlayan**

Tutku KILINÇ ERARSLAN

İmza

**Danışman**

Prof. Dr. Hülya TORUN

**Endüstri Mühendisliği ABD Başkanı**

Prof. Dr. Lale ÖZBAKIR

İmza

## TEŞEKKÜR

Bana çalıőmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan ve tecrübeleri ile yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Hülya TORUN' a, çalıőmamın başından sonuna her anımda manevi desteğini esirgemeyen sevgili eőim Giray ERARSLAN' a ve bugünlere gelmemi sağlayan canım aileme teőekkürü bir borç bilirim.

Tutku KILINÇ ERARSLAN

Aralık 2024, KAYSERİ

# TEK DÖNEMLİ STOKASTİK ENVANTER PROBLEMİNE YÖNELİK SİMÜLASYON TABANLI OPTİMİZASYON YAKLAŞIMI

Tutku KILINÇ ERARSLAN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2024  
Danışman: Prof. Dr. Hülya TORUN

## ÖZET

Global rekabet koşullarında, işletmelerin pazar paylarını koruyabilmeleri için envanter yönetimi kritik öneme sahiptir. Doğru envanter seviyesi, maliyetleri azaltırken müşteri taleplerini karşılamayı amaçlar. Kötü yönetilen envanter, gereksiz maliyetler veya müşteri kayıplarına yol açabilir. Stokastik envanter modelleri, talep ve tedarik belirsizliklerini olasılık dağılımları ile ifade ederek bu belirsizliklere çözümler sunar. Müşteri memnuniyetini artırmak ve maliyetleri minimize etmek için doğru miktarda ürünü doğru zamanda ve doğru yerde bulundurmaya yönelik envanter kontrol politikaları geliştirilir. Malzemenin ne zaman ve ne kadar sipariş edileceği gibi kararlar envanter teorileri yardımıyla belirlenir. Talep ve tedarik süresi gibi değişkenlerin belirsiz olduğu durumlarda stokastik envanter modelleri kullanılır. Bu modeller, belirsizlikleri olasılık dağılımları ile ifade ederek maliyetleri düşürmeyi ve envanter seviyelerini kontrol etmeyi amaçlar. Ancak belirsizliklerin modellenmesi, çözüm sürecini zorlaştırmakta ve daha karmaşık çözüm yöntemleri gerektirmektedir. Bu çalışmada, kısa ömürlü ve talep belirsizliği yüksek ürünler için kullanılan, literatürde "gazeteci çocuk problemi" olarak da bilinen tek dönemli stokastik envanter modelleri incelenmiştir. Çalışmada sabit sipariş maliyeti olan ve olmayan modeller için analitik çözüm yaklaşımları geliştirilmiş, ardından simülasyon tabanlı optimizasyon yaklaşımı uygulanmıştır. Simülasyonlar, Rockwell ARENA yazılımı ve bu yazılıma entegre OptQuest optimizasyon aracı ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca talep belirsizliğinin model üzerindeki etkileri normal, poisson ve düzgün dağılımlar üzerinden analiz edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gazeteci çocuk problemi, Tek dönemli envanter problemi, Optimizasyon, Simülasyon.

# SIMULATION-BASED OPTIMIZATION APPROACH TO SINGLE-PERIOD STOCHASTIC INVENTORY PROBLEM

Tutku KILINÇ ERARSLAN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, December 2024

Supervisor: Prof. Dr. Hülya TORUN

## ABSTRACT

In global competition, inventory management is critical for businesses to maintain their market share. The right inventory level aims to meet customer demands while reducing costs. Poorly managed inventory can lead to unnecessary costs or customer losses. Stochastic inventory models provide solutions to demand and supply uncertainties by expressing them with probability distributions. Inventory control policies are developed to have the right amount of products at the right time and in the right place to increase customer satisfaction and minimize costs. Decisions such as when and how much to order materials are determined with the help of inventory theories. Stochastic inventory models are used in cases where variables such as demand and lead time are uncertain. These models aim to reduce costs and control inventory levels by expressing uncertainties with probability distributions. However, modeling uncertainties complicates the solution process and requires more complex solution methods. In this study, single-period stochastic inventory models, also known as the “newsvendor problem” in the literature, used for short-life period products with high demand uncertainty, were examined. In the study, analytical solution approaches were developed for models with and without fixed order costs, and then simulation-based optimization approaches were applied. Simulations were performed with Rockwell ARENA software and the OptQuest optimization tool integrated into this software. In addition, the effects of demand uncertainty on the model were analyzed over normal, poisson and uniform distributions.

**Keywords:** Newsvendor problem, Single period inventory problem, Optimization, Simulation.

## İÇİNDEKİLER

### TEK DÖNEMLİ STOKASTİK ENVANTER PROBLEMİNE YÖNELİK SİMÜLASYON TABANLI OPTİMİZASYON YAKLAŞIMI

YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY .....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET .....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xii
GİRİŞ.....	1

## 1. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER

<b>1.1. Envanterle İlgili Temel Kavramlar .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Envanter Maliyetleri .....</b>	<b>5</b>
1.2.1. Sipariş Verme Maliyeti.....	5
1.2.2. Hazırlık Maliyeti .....	5
1.2.3. Yok satma Maliyeti.....	6
1.2.4. Elde Bulundurma Maliyeti.....	6
<b>1.3. Envanter Kontrol Modellerini Oluşturan Bileşenler .....</b>	<b>6</b>
1.3.1. Ürün Sayısına Göre Sınıflandırma.....	7
1.3.2. Kademe Sayısına Göre Sınıflandırma.....	7
1.3.3. Ürün Ömrüne Göre Sınıflandırma .....	8
1.3.4. Dönem Sayısına Göre Sınıflandırma .....	8

1.3.5. Talep Türüne Göre Sınıflandırma .....	8
<b>1.4. Stokastik Envanter Modelleri .....</b>	<b>9</b>
1.4.1. Sürekli Gözden Geçirme Politikası.....	10
1.4.2. Periyodik Gözden Geçirme Politikası.....	11
1.4.3. Talep için Olasılık Dağılımı .....	13
1.4.3.1. Talep için Poisson Dağılımı .....	14
1.4.3.2. Talep için Normal Dağılım .....	16
<b>1.5. Simülasyon Tabanlı Optimizasyon .....</b>	<b>16</b>
<b>2. BÖLÜM</b>	
<b>LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b>	
<b>2.1. Stokastik Envanter Modellerine Yönelik Literatür Araştırması .....</b>	<b>20</b>
<b>3. BÖLÜM</b>	
<b>TEK DÖNEMLİ STOKASTİK ENVANTER MODELLERİ</b>	
<b>3.1. Sabit Sipariş Maliyeti Olmayan Tek Dönemli Model (Model-1) .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2. Sabit Sipariş Maliyeti Olan Tek Dönemli Model (Model-2) .....</b>	<b>29</b>
<b>4. BÖLÜM</b>	
<b>TEK DÖNEMLİ STOKASTİK ENVANTER PROBLEMİNE YÖNELİK ÇÖZÜM</b>	
<b>YAKLAŞIMLARI</b>	
<b>4.1. Tek Dönemli Stokastik Envanter Problemi için Analitik Çözüm .....</b>	<b>31</b>
4.1.1. Model-1 için Analitik Çözüm .....	31
4.1.2. Model-2 için Analitik Çözüm .....	33
<b>4.2. Tek Dönemli Stokastik Envanter Problemi için Simülasyon ile Optimizasyon</b> <b>.....</b>	<b>36</b>
4.2.1. Model-1 için Simülasyon ile Optimizasyon .....	36
4.2.2. Model-2 için Simülasyon ile Optimizasyon .....	44
<b>5. BÖLÜM</b>	
<b>TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	
<b>5.1. Tartışma-Sonuç ve Öneriler .....</b>	<b>56</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>59</b>

**ÖZGEÇMİŞ..... 64**



## TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Simülasyon tabanlı optimizasyona yönelik ticari yazılımlar.....	18
Tablo 2. Model-1 problem verileri.....	32
Tablo 3. Model-1 analitik çözüm sonuçları .....	33
Tablo 4. Model -2 problem verileri.....	33
Tablo 5. Mutlak kar farkı .....	34
Tablo 6. Model-2 analitik çözüm sonuçları .....	35
Tablo 7. Model-1 “Assign” modülü içerisinde tanımlanan atamalar.....	37
Tablo 8. Model-2 “Assign” modülü içerisinde tanımlanan atamalar.....	46
Tablo 9. Model-1 için analitik çözüm ve simülasyon sonuçları .....	57
Tablo 10. Model-2 için analitik çözüm ve simülasyon sonuçları .....	57
Tablo 11. Model-1’in farklı dağılımlarla simülasyon sonuçları .....	58
Tablo 12. Model-2’ nin farklı dağılımlarla simülasyon sonuçları .....	58

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Envanter kontrol modellerinin sınıflandırılması.....	7
Şekil 2. (s, Q) Envanter sistemi .....	10
Şekil 3. (s, S) Envanter sistemi .....	11
Şekil 4. (R, S) Envanter sistemi .....	12
Şekil 5. (R, s, S) Envanter sistemi .....	12
Şekil 6. Model-1 genel görünümü.....	36
Şekil 7. Model-1 “Create” modülü.....	36
Şekil 8. Model-1 “Assign” modülü.....	37
Şekil 9. Model-1 “Record” modülleri .....	38
Şekil 10. Model-1 “Dispose” modülü .....	38
Şekil 11. Model-1 “Run Setup” ayarları .....	39
Şekil 12. Model-1 ARENA sonuç çıktısı.....	39
Şekil 13. Model-1 “Controls” sekmesi.....	40
Şekil 14. Model-1 “Responses” sekmesi .....	40
Şekil 15. Model-1 “Objectives” sekmesi .....	41
Şekil 16. Model-1’ in karını maksimize eden en iyi sonuçlar .....	41
Şekil 17. Model-1’ in karını maksimize eden en iyi sonuç.....	41
Şekil 18. Talep poisson dağıldığında Model-1’ in ARENA sonuç çıktısı .....	42
Şekil 19. Talep poisson dağıldığında Model-1’ in karını maksimize eden en iyi sonuçlar .....	42
Şekil 20. Talep poisson dağıldığında Model-1’ in karını maksimize eden en iyi sonuç	43
Şekil 21. Talep düzgün dağıldığında Model-1’ in ARENA sonuç çıktısı.....	43
Şekil 22. Talep düzgün dağıldığında Model-1’ in karını maksimize eden en iyi sonuçlar .....	44
Şekil 23. Talep düzgün dağıldığında Model-1’ in karını maksimize eden en iyi sonuç.	44
Şekil 24. Model-2 genel görünümü.....	45
Şekil 25. Model-2 “Create” modülü.....	45
Şekil 26. Model-2 “Assign” modülü.....	46
Şekil 27. Model-2 “Record” modülleri .....	47
Şekil 28. Model-2 “Dispose” modülü .....	48

Şekil 29. Model-2 “Run Setup” ayarları .....	48
Şekil 30. Model-2 ARENA sonuç çıktısı.....	49
Şekil 31. Model-2 “Controls” sekmesi.....	49
Şekil 32. Model-2 “Responses” sekmesi .....	50
Şekil 33. Model-2 “Constraints” sekmesi .....	50
Şekil 34. Model-2 “Objectives” sekmesi .....	50
Şekil 35. Model-2’ nin kar farkını minimize eden en iyi sonuçlar .....	51
Şekil 36. Model-2’ nin kar farkını minimize eden en iyi sonuç.....	51
Şekil 37. Talep poisson dağıldığında Model-2’ nin ARENA sonuç çıktısı .....	52
Şekil 38. Talep poisson dağıldığında Model-2’ nin kar farkını minimize eden en iyi sonuçlar .....	53
Şekil 39. Talep poisson dağıldığında Model-2’ nin kar farkını minimize eden en iyi sonuç .....	53
Şekil 40. Talep düzgün dağıldığında Model-2’ nin ARENA sonuç çıktısı.....	54
Şekil 41. Talep düzgün dağıldığında Model-2’ in kar farkını minimize eden en iyi sonuçlar .....	54
Şekil 42. Talep düzgün dağıldığında Model-2’ nin kar farkını minimize eden en iyi sonuç .....	55

## GİRİŞ

Global rekabetin değişen şartlarında, işletmeler değişen bu rekabete uyum sağlamak ve pazar paylarını korumak isterler. Envanter yönetimi bu noktada kritik bir öneme sahiptir. Firmaların, envanterlerin sebep olacağı maliyetleri düşürecek ve müşteri talebini karşılayacak seviyede envanter bulundurması zor bir dengenin yönetimidir. Envanterlerin optimal düzeyde bulundurulması işletmelerin sistemlerinin işleyişini olumlu yönde etkileyen önemli bir süreçtir.

Envanter kontrolü bütün işletmelerin karşı karşıya kaldığı ortak bir problemdir. Firmalar üretimi devam ettirmek, talepte yaşanması olası olan dalgalanmalara hızlı bir şekilde cevap verebilmek, talebi dönemsel olan ürünleri firmalardaki üretim kapasitesinin eksikliğinden dolayı talebin az olduğu sezonda üretip bekletmek, iskontolar ve fiyat indirimleri gibi ögelerden yararlanmak için envanter tutarlar. Envanterlerin üretimin her aşamasında işletmeye katkı sağlaması beklense de kötü yönetildiği durumlarda işletmeye katkı sağlamayabilirler. Gereğinden fazla envanter bulundurmak ürünlerin eskimesi, bozulması, modasının geçmesi gibi durumlarda işletmeye fazladan maliyet getirmektedir. Gereğinden az envanter bulundurmak da satış kaybına veya müşteri kaybına sebep olmaktadır. Bu düşünce çerçevesinde de işletmelerin envanter kontrollerinin sağlıklı bir biçimde yönetilmesi önem arz etmektedir.

Müşteri memnuniyetini ve en düşük envanter maliyetini sağlayabilmek için istenilen malzemeyi, istenilen miktarda, istenilen zamanda ve istenilen yerde bulundurmak envanter kontrolünün esasını oluşturmaktadır. Envanter kontrol politikaları, çeşitli varsayımlar ve koşullar altında firmaların kararlarına temel olacak araçlardır. Malzemenin ne zaman ve ne kadar sipariş edileceği sorularına envanter teorileri ile yanıt verilebilmektedir.

Talebin belirli olduğu deterministik envanter modelleri gerçek üretim sistemlerine her zaman uygun olmazlar, çünkü gerçek üretim sistemlerinde birçok parametre belirsizlik içerebilir.

Günümüzde, bir ürüne olan talebin zamanla değişiklik göstermesi ve talebin net olarak bilinmemesi durumu firmaların zm getirmek istediği önemli konulardan biri olmaktadır. Talep değeri ve tedarik süresinden en az birinin belirsiz olduğu durumlarda stokastik envanter modelleri kullanılmaktadır. Bu modeller, talep veya tedarik sürecindeki belirsizlikleri bir olasılık dağılımı ile ifade ederek, envanter seviyelerini kontrol etmek ve maliyetleri minimize etmek amacıyla geliştirilmiştir. Stokastik envanter modellerinde girdi parametrelerinin belirsizliği çıktının da stokastik olmasını gerektirmekte ve üzüm sürecini zorlaştırmaktadır. Stokastik envanter modellerinin zm yöntemleri, modelin karmaşıklığına, belirsizlik türüne ve amacına bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Bu yöntemler, analitik, sezgisel ve simülasyon tabanlı yaklaşımları içerir. Analitik yöntemler, modelin matematiksel olarak üzülmesini sağlayan tekniklerdir. Bu yöntemler genellikle daha basit yapıda stokastik modeller için uygundur. Analitik zmn mümkün olmadığı durumlarda sezgisel yöntemler kullanılabilir. Bunlar pratik ancak kesin olmayan yöntemlerdir. Simülasyon tabanlı yaklaşımlar ise belirsizliklerin etkilerini analiz etmek ve model performansını değerlendirmek amacıyla kullanılabilir.

Bu tez çalışması kapsamında, genellikle kısa vadeli envanter yönetimini optimize etmek için kullanılan ve talep belirsizliği ile başa çıkmak için geliştirilmiş olan tek dönemli stokastik envanter modelleri incelenmiştir. Tek dönemli stokastik envanter problemi literatürde gazeteci ocuk (newsvendor) problemi olarak bilinmekte ve özellikle taze ürünler, mevsimlik ürünler, gazeteler gibi sınırlı satış ömrüne sahip ürünler için kullanılmaktadır.

Çalışma kapsamında öncelikle, sabit sipariş maliyetini olmayan ve sabit sipariş maliyeti olan tek dönemli stokastik envanter problemlerine yönelik analitik zm yaklaşımları sunulmuş ve sonrasında simülasyon tabanlı optimizasyon yaklaşımı ile ilgili problemlere yönelik zmler geliştirilmiştir. Simülasyon modellemesinde Rockwell ARENA v14 paket programı kullanılmış ve ARENA simülasyon programına entegre OptQuest optimizasyon yazılımı ile optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Son aşamada, talep

belirsizliđinin model üzerindeki etkilerini analiz etmek amacıyla, talebin normal, poisson ve dűzgűn dađılım gűsterdiđi durumlar űzerinden cűzűmler geliřtirilmiřtir.

Tez cűalıřması 5 bűlűmden oluřmaktadır. 1. bűlűmde envanter ve envanter kontrol modelleri hakkında genel bilgiler verilmiřtir. 2. bűlűmde stokastik envanter modellerinin cűzűműne farklı yaklařımlar getiren cűalıřmaların literatűr arařtırması yapılmıřtır. 3. bűlűmde tek dűnemli stokastik envanter modelleri hakkında bilgiler verilmiřtir. 4. bűlűmde sabit sipariř maliyeti olan ve olmayan modeller için cűzűm yaklařımları sunulmuřtur. 5. ve son bűlűmde analiz sonuçları yorumlanarak sonuç ve űneriler verilmiřtir.



# 1. BÖLÜM

## GENEL BİLGİLER

Envanterler işletmelerde ileriki zamanlarda kullanılmak üzere bulundurulmuş değerlerdir. Üretilen ürüne direkt ve dolaylı yollardan dahil olan tüm fiziksel varlıklar envanter kavramı içerisine girmektedir [1]. İşletmelerde envanter seviyesinin takip edilmesi, hangi düzeylerde sürdürüleceğinin belirlenmesi, envanterlerin yeniden siparişlerinin ne zaman yapılması gerektiğine karar verilmesi, sipariş ve üretim miktarlarının belirlenmesi durumları bir envanter yönetim sistemi ile sağlanabilmektedir [2].

İşletmelerde hammadde, yarı mamul, mamul ve yardımcı malzeme olmak üzere temel olarak dört tür envanter bulunmaktadır. Tedarikçiden alınan işlenmemiş ürün hammadde, işleme prosesinde olan ürün yarı mamul, üretimden çıkmış ürün mamul ve asıl ürün olmayan fakat üretimde yardımcı olan ürünler yardımcı malzeme olarak tanımlanmaktadır [3].

### 1.1. Envanterle İlgili Temel Kavramlar

- **Güvenlik Stoğu:** Stoksuzluk olasılığına karşı emniyet amacıyla bulundurulmuş stoklardır. Öngörülen talebi geçen veya tedarik sürelerinin belirsiz olduğu durumlarda karşılaşıldığında, öngörülen müşteri hizmet seviyesine göre elde bulundurmama durumuna düşmemek güvenlik stoğunun bulundurulma amacıdır [4].
- **Müşteri Hizmet Seviyesi:** Müşteri talebini karşılayabilmek amacıyla ürün bulunabilirliğinin bir ölçüsüdür. Müşteri talebini karşılama oranıdır [4].
- **Çevrim Stoğu:** İşletmelerin ilgili dönemde gerçekleştirecekleri faaliyetler dikkate alınarak bulundurulmuş istenen stoklardır [1]. Kendinden bir önceki

üretimin büyüklüğüne ve akış hızına göre artıp azalabilen stok türüdür. Belirli bir çevrim ile yenilenir.

- **Tampon Stok:** Üretim akışını düzenlemek için ardışık iki iş istasyonu arasında bulundurulanan stoktur [3].
- **Ölü Stok:** Artık kullanılmayacak hurda durumunda olan stoklardır [3].
- **Atıl Stok:** Belirli bir süre boyunca hareket akışı olmayan stoklardır [3].
- **Promosyon Stoğu:** Fiyat indirimleri, hediyeli satışlar gibi özendirmelemlerle daha fazla satabilme amacıyla bulundurulanan stoklardır [1].

## **1.2.Envanter Maliyetleri**

İşletmelerde envanter sipariş verilmesi, depolanması, stoksuz kalma halinde yaşanacak durumlar ve buna benzer her türlü durumda bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Envanterin kendi maliyeti dahi bir envanter kalemidir. Bu çeşitli envanter kalemlerinin genel adı envanter maliyeti olarak tanımlanabilir. Envanter kontrolünde, envanterle beraber artan ve azalan maliyetler arasında bir denge kurmak gerekmektedir [5].

### **1.2.1. Sipariş Verme Maliyeti**

Sipariş verme maliyeti, siparişin depoya girene kadar olan maliyetlerini de içeren tedarikçiye veya imalatçıya siparişi onaylaması için ödenen tutardır [1]. İşleme koyma giderleri, sipariş miktarını saptama ve sipariş verme, teslim alma ve kontrol etme giderleri sipariş verme maliyetleri içerisinde giren maliyet kalemleridir.

### **1.2.2. Hazırlık Maliyeti**

Sipariş verme miktarından bağımsız sabit maliyettir. Makinelerin üretime hazırlanması için kalıp değişimi gibi hazırlıkların yapılması gerekir. Bu hazırlıklarda işçilik ve zaman kayıpları ortaya çıkmaktadır. Dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ilk sağlam ürün üretilene kadar geçen sürede kullanılan işçilik ve makine maliyetleridir.

### 1.2.3. Yok satma Maliyeti

Müşterinin bir talebi olduğunda elde bulunan stoğun yetersiz olması durumunda ortaya birtakım maliyetler çıkmaktadır. İşletmede stok tükenmesi halinde müşteri ya talebini geri çeker ya da siparişin oluşturulmasını bekler. Müşterinin, talebini geri çektiği noktada bir satış kaybı ortaya çıkmaktadır. Bu durumun devamında satış gelirlerinde bir azalmaya sebep olmaktadır. Müşterinin siparişinin oluşturulmasını beklediği durumda ise müşteri tarafından itibar ve güven kaybı ortaya çıkmaktadır [6]. İşletmeler, elde yeterli stok bulunmayan zamanlardan en az zararla çıkmak için talebi hızlı bir şekilde karşılamaya çalışmaktadırlar. Bunun sonucunda da ilave işgücü, pahalı hammadde gibi maliyet kalemlerine katlanmak zorunda kalmaktadırlar.

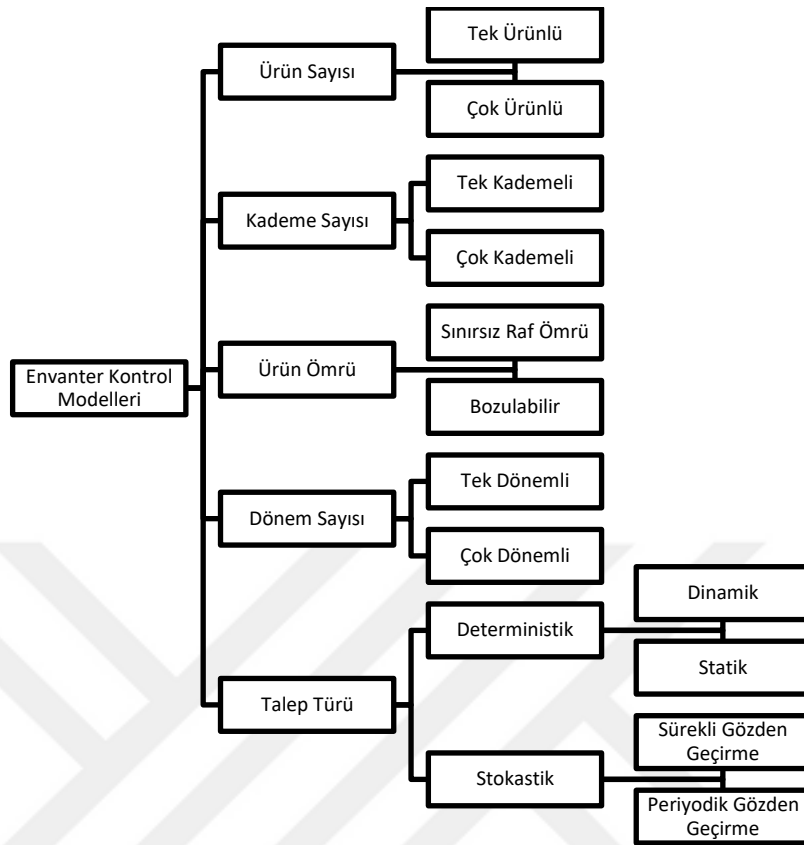
### 1.2.4. Elde Bulundurma Maliyeti

Bir ürünü belirli bir zaman dilimi içerisinde stokta tutmanın maliyetidir. Elde bulundurma maliyetini etkileyen birçok unsur vardır. Fiziki olarak temin edilen envanterleri depolayacak alanları sağlamak amacıyla göze alınan masraflar, kira, vergi, sigorta giderleri, ürünün modasının geçmesi, kırılma, bozulma, zarar görme veya tamamen kullanılamaz hale gelme durumunda ortaya çıkan zararlar elde bulundurma maliyetini etkileyen unsurlardan bazılarıdır [7].

## 1.3.Envanter Kontrol Modellerini Oluşturan Bileşenler

Günümüzde kullanılan pek çok modelin temelini oluşturan, toplam maliyeti minimize eden sipariş miktarını bulmaya yönelik ilk olarak Harris, bir matematiksel envanter modeli geliştirmiştir [8]. Fakat gerek üretimin yapıldığı ortamın getirdiği ek kısıtlar, gerek üretim ortamının fiziksel şartları, gerekse de talep ve tedarik belirsizlikleri göz önüne alındığında Harris' in modeline ilaveler eklenmiş ve modelde değişikliklere gidilmiştir.

Envanter kontrol modellerinin sınıflandırılması Şekil 1.' de gösterilmiş ve aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.



Şekil 1. Envanter kontrol modellerinin sınıflandırılması

### 1.3.1. Ürün Sayısına Göre Sınıflandırma

Envanter planları yapılırken sadece tek ürün ele alınıyorsa tek ürünlü, çok ürün ele alınıyorsa çok ürünlü envanter modelleri kullanılmaktadır. Çok ürünlü envanter modellerini kurmak tek ürünlülere göre daha zor ve daha maliyetli olmaktadır. Çünkü çok ürünlü envanter modellerinde her bir ürün için ne kadar miktarda üretileceğinin veya sipariş edileceğinin kontrol edilmesi gerekmektedir.

### 1.3.2. Kademe Sayısına Göre Sınıflandırma

Tek kademeli envanter sistemlerinde hammaddeler işlendikten hemen sonraki adımda nihai ürüne dönüşmüş olmaktadır. Son ürün doğrudan, yardımcı malzemeler olmaksızın hammaddeden üretilir. Çok kademeli envanter kontrol modeli ilk olarak Clark ve Scarf tarafından önerilen gelişmiş bir modeldir [9]. Çok kademeli envanter kontrolü için her dönem süresince her bir kademenin sipariş miktarı belirlenmektedir. Bir prosesin çıktısı bir başka prosesin girdisi durumundadır. Bu sebeple çok kademeli envanter modelleri “bağımlı talep” olarak sınıflandırılır. Bu modelde, bir kademenin envanter

miktarları ve maliyetleri, aynı proses içerisindeki başka bir kademenin miktarlarını ve maliyetlerini etkilemektedir.

### **1.3.3. Ürün Ömrüne Göre Sınıflandırma**

Bazı ürünlerin raf ömürleri çok kısa olabilmektedir. Bunun sebebi fiziksel koşullar olabildiği gibi pazar payından da kaynaklanabilmektedir. Klasik envanter kontrol modellerinde ürünlerin değer kaybı yaşamadan süresiz olarak sistemde tutulduğu varsayılmaktadır. Fakat bazı ürünlerin modası geçmekte, teknolojisi geride kalmakta veya zamanla bozulabilmektedir [10]. Elde bulundurma, atık, hurda maliyetlerini göz önünde bulundurarak envanter modelini kontrol edebilmek için ürünlerin bozulabilirliğini dikkate almak önem arz etmektedir.

### **1.3.4. Dönem Sayısına Göre Sınıflandırma**

Bir dönemlik sipariş edilen ürün veya hizmetler tek dönemli envanter modelleri olarak bilinmektedir. İlk olarak Hadley ve Whitin tarafından klasik bir envanter modeli olarak önerilmiştir [11]. Tek dönemli modellere modayı içinde barındıran ürünler, hızla bozulan ürünler, talebin mevsimsel olarak değişiklik gösterdiği ürünler, teknolojisi geçen ürünler ve geleceği belirsiz olan ürünler örnek olarak gösterilebilir. Literatürde belirsiz talep altında tek dönemli ürünler için sipariş veya üretim miktarının belirlenmesi problemi “gazeteci çocuk problemi” olarak bilinmektedir.

Çok dönemli envanter modelleri ise klasik envanter modelinin çözümsüz ve yetersiz kaldığı durumlarda, modele ilave kısıt ve mevcut kısıtlarla tek dönemli envanter modellerinin geliştirilmiş bir versiyonudur [12]. Temelde sabit sipariş miktarı ve sabit sipariş periyodundan birini kullanarak modellerin incelenmesini içermektedir.

### **1.3.5. Talep Türüne Göre Sınıflandırma**

Envanter modelleri talep türü açısından kesin olarak bilinen deterministik talep ve olasılıklı olarak bilinen stokastik talep modeli olarak ikiye ayrılmaktadır. [13] Statik talep modellerinde talep istikrarlı ve sabit bir şekilde devam ederken, dinamik talep modelleri ise talebin zamanla değiştiğini ve hareketli olduğunu göstermektedir. Envanter kontrol modellerinin hedefi envanterlerin hangi miktara düştüğünde yeniden üretim/sipariş yapacağı ve yeniden üretim/sipariş yaptığında hangi miktarda envanter ekleneceğini

tespit etmektir. Kurulan modellerde optimum sipariş miktarını ve sipariş verme zamanı belirlemek talep yapısına göre belirlenmektedir. Fakat gerçek hayatta talebin kesin olarak bilinmesi durumu olası olmayacağı için talebin stokastik olduğu envanter kontrol modelleri gelişmiştir. Stokastik modellerde, talebin bir olasılık dağılımına uyduğu varsayılmakta ve rastgele bir değişken olarak ele alınmaktadır.

#### 1.4.Stokastik Envanter Modelleri

Talep ve tedarik süresinden en az biri belirsizlik durumunda ve herhangi bir olasılık dağılımına uygun değişken olarak yazılabiliyorsa bu modeller stokastik envanter modelleri olarak adlandırılmaktadır [14].

Stokastik envanter modellerinde bilinmesi gereken temel kavramlardan bazıları şu şekildedir:

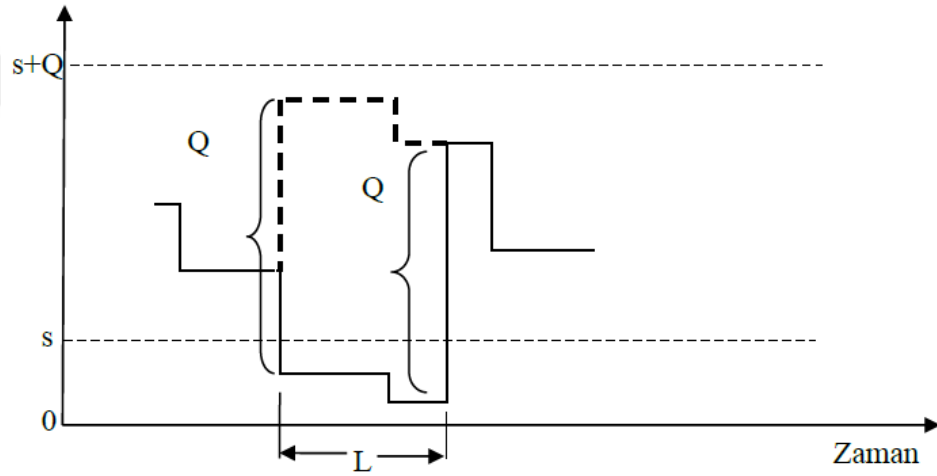
- **Envanter Seviyesi:** İşletmenin elinde somut olarak bulunan envanteredir. Envanter seviyesi sıfırın altına düşemez ve belirli bir talebin karşılanıp karşılanmama durumunun ölçülmesini sağlar.
- **Bekleyen Sipariş:** İşletmenin, yeterli envanter bulundurmadığı durumda karşılanamayan talebin ifadesidir.
- **Kayıp Satış:** İşletmede yeterli envanter kalmadığında karşılanamayan talep sonucu müşteri talebini karşılayabilmek için farklı bir tedarikçi tercih eder. Bu durum kayıp satışı meydana getirir.
- **Sipariş Miktarı:** Envanter seviyesi yeniden sipariş noktasına geldiğinde talep edilmiş ama henüz teslim alınmamış envanteredir.
- **Güvenlik Stoğu:** Envantersiz kalmamak için elde bulundurulmuş envanter miktarını ifade eder. Güvenlik stoğu ihtiyaç olunmadıkça kullanılmamalıdır.

Stokastik envanter modelleri sürekli gözden geçirme ve periyodik gözden geçirme politikası olarak iki sınıfa ayrılmaktadır.

### 1.4.1. Sürekli Gözden Geçirme Politikası

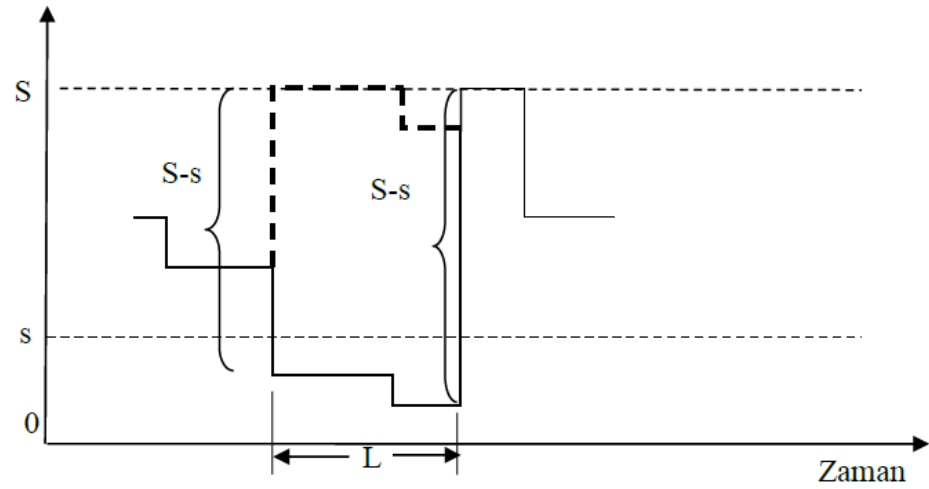
Sürekli gözden geçirme politikası, envanter seviyelerinin sürekli izlenmesi ve belirli bir yeniden sipariş noktasına ulaşıldığında otomatik olarak yeni sipariş verilmesi mantığına dayanmaktadır. Bu modellerde olasılık yoğunluk fonksiyonu tüm planlama ufku boyunca değişmediği için durağan envanter modelleri olarak da tanımlanmaktadır. Bu politika kendi içerisinde aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır [14].

- $(s, Q)$  Politikası, ilk olarak Gallier ve diğerleri tarafından durağan olasılık dağılımına ve poisson dağılıma sahip iki prosesin karşılaştırılması ile önerilmiştir [15]. Literatürde  $(r, Q)$  politikası olarak da bilinmektedir. Bu politikaya göre, envanter seviyesi sürekli olarak gözden geçirilmekte ve envanter seviyesi yeniden sipariş seviyesine ( $s$ ) düştüğünde  $Q$  büyüklüğünde bir sipariş verilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2.  $(s, Q)$  Envanter sistemi [15]

- $(s, S)$  Politikası, envanter seviyesi  $(s, Q)$  politikasına benzer bir şekilde sürekli olarak gözden geçirilmektedir. Envanter seviyesi, yeniden sipariş seviyesinin ( $s$ ) altına düştüğü anda envanter seviyesi önceden tanımlanmış  $S$  seviyesine getiren bir sipariş verilmektedir (Şekil 3).

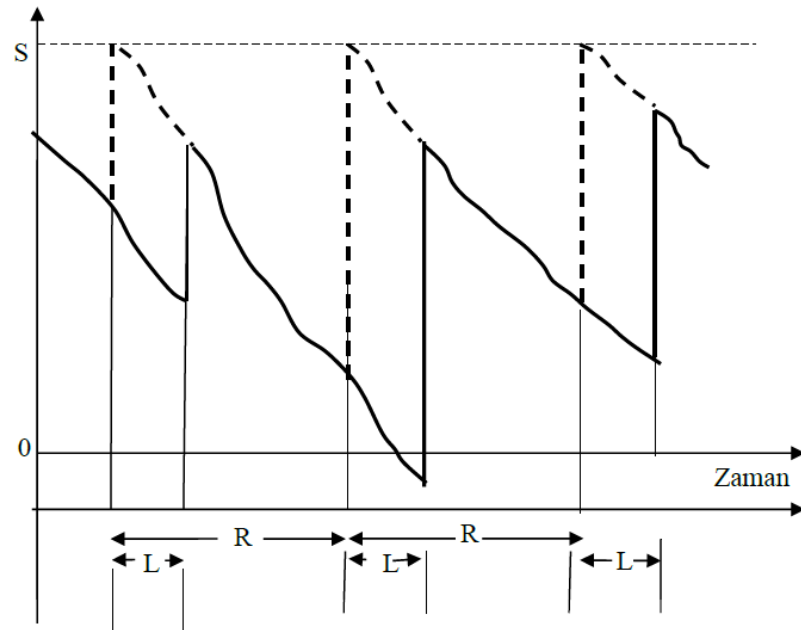


Şekil 3. (s, S) Envanter sistemi [15]

#### 1.4.2. Periyodik Gözden Geçirme Politikası

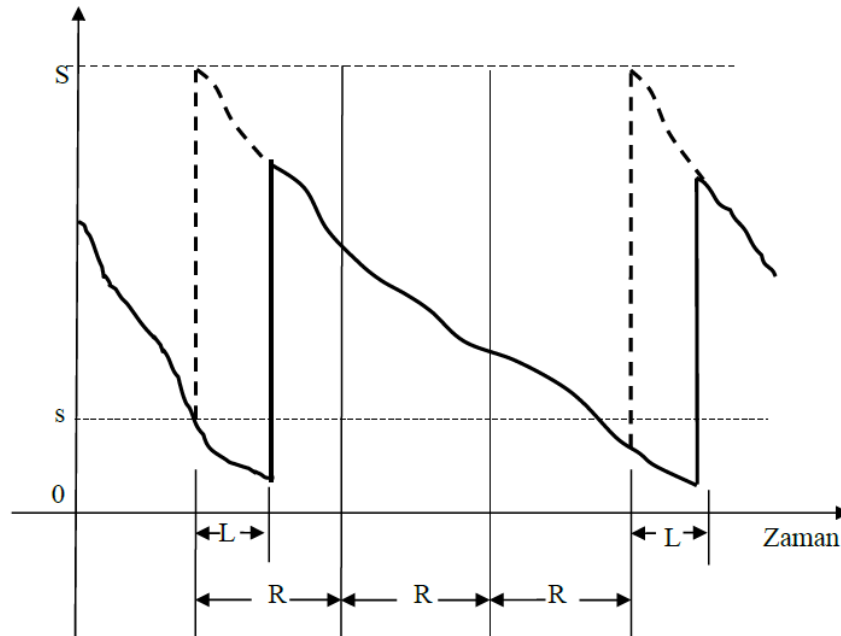
Periyodik gözden geçirme politikası, envanter seviyelerini belirli aralıklarla gözden geçirilmesi ve her gözden geçirme döneminde sipariş miktarları belirlenmesi mantığına dayanmaktadır. Bu modeldeki amaç, envanter seviyelerini kontrol altında tutarak stokların tükenmesini önlemektir. Bu modellerde olasılık yoğunluk fonksiyonu tüm planlama ufku boyunca değiştiği için durağan olmayan envanter modelleri olarak da tanımlanmaktadır. Bu politika kendi içerisinde aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır [14].

- *(R, S) Politikası*, bu politikaya göre envanter seviyesi her R döneminde gözden geçirilmektedir. Gözden geçirildikten sonra envanter seviyesini önceden tanımlanmış S seviyesine getiren bir sipariş verilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. (R, S) Envanter sistemi [15]

- $(R, s, S)$  Politikası, bu politikaya göre envanter seviyesi her  $R$  döneminde gözden geçirilmektedir. Yeniden sipariş seviyesinin ( $s$ ) altına düştüğü anda envanter seviyesi önceden tanımlanmış  $S$  seviyesine getiren bir sipariş verilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. (R, s, S) Envanter sistemi [15]

### 1.4.3. Talep için Olasılık Dağılımı

Stokastik modellerde ele alınan belirsizlik özelliklerinden biri envanterdeki ürünlere olan taleptir. Bu modellerde, talebin bilinmeyip talebin olasılık dağılımının bilindiği varsayılmaktadır.

- **Talep için Rastgele Değişken ( $y$ ):** Belirli bir zaman kesiti içerisinde talebi temsil eden rastgele bir değişkendir.
- **Kesikli Talep Olasılık Dağılım Fonksiyonu ( $P(y)$ ):** Talebin kesikli bir rastgele değişken olduğu varsayımında  $P(y)$  talebin  $y$ ' ye eşit olma olasılığı verir.
- **Kesikli Kümülatif Dağılım Fonksiyonu ( $F(b)$ ):** Talep kesikli olduğunda talebin  $b$ ' ye eşit veya  $b$ ' den küçük olma olasılığıdır.

$$F(b) = \sum_{y=0}^b P(y) \quad (1)$$

- **Sürekli Talep Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu ( $f(y)$ ):** Talebin sürekli olduğu varsayımındaki yoğunluk fonksiyonudur. Talebin negatif olamayacağı varsayıldığı için  $f(y)$ ' nin değeri negatif değerler için sıfırdır.

$$P(a \leq Y \leq b) = \int_a^b f(y) dy \quad (2)$$

- **Sürekli Kümülatif Dağılım Fonksiyonu ( $F(b)$ ):** Talep sürekli olduğunda talebin  $b$ ' ye eşit veya  $b$ ' den küçük olma olasılığıdır.

$$F(b) = \int_0^b f(y) dy \quad (3)$$

- **Standart Normal Dağılım Fonksiyonu ( $\phi(y)$  ve  $Y(y)$ ):** Standart normal dağılım için yoğunluk ve kümülatif dağılım fonksiyonudur.

Modelleme kararı verilirken talep verisi için hangi dağılımın kullanılacağı önem arz etmektedir. Talep verisinin dağılımı için çeşitli dağılımlar bulunmaktadır. Bu dağılımlardan en çok kullanılanlar Poisson ve Normal dağılımdır.

#### 1.4.3.1. Talep için Poisson Dağılımı

Yaygın bir varsayıma göre, bir zaman aralığında beklenen talep görece küçük olduğunda Poisson dağılımına ve beklenen talep görece büyük olduğunda normal dağılıma yol açmaktadır. Ortalama talep oranı  $D$  olarak belirlendiğinde  $t$  zaman aralığında Poisson dağılımı şu şekildedir:

$$P(y) = \frac{(Dt)^y e^{-(Dt)}}{y!} \quad (4)$$

$(Dt)$  yeterince büyük olduğunda, Poisson dağılımı, aşağıdaki ortalama ve standart sapma ile normal dağılıma yaklaşır.

$$\mu = Dt, \text{ ve } \sigma = \sqrt{Dt} \quad (5)$$

- **Beklenen Fazlalık ve Beklenen Stoksuzluk Hesaplaması:**

Talep başlangıçtaki envanter seviyesinden düşükse fazla miktarda envanter kalır, bu beklenen fazlalığı ifade etmektedir. Eğer talep başlangıçtaki envanter seviyesinden fazla ise beklenen stoksuzluğu ifade etmektedir.

Envanter seviyesinin pozitif bir  $z$  değeri olduğu varsayıldığında verilen dağılımla, stoksuzluk olasılığı ve fazlalık olasılığı hesaplanabilmektedir.

Sürekli bir dağılım için stoksuzluk olasılığı şu şekilde hesaplanır:

$$P_s = P\{y > z\} = \int_z^{\infty} f(y) dy = 1 - F(z) \quad (6)$$

Sürekli bir dağılım için fazlalık olasılığı şu şekilde hesaplanır:

$$P_f = P\{y \leq z\} = \int_0^z f(y) dy = F(z) \quad (7)$$

Talebin envanter seviyesinden büyük veya küçük olmasına bağlı olarak beklenen stoksuzluk ve beklenen fazlalık hesaplamaları da yapılmaktadır.

O zaman beklenen stoksuzluk şu şekilde ifade edilir:

$$E_s = \int_z^{\infty} (y - z)f(y)dy \quad (8)$$

Benzer şekilde beklenen fazlalık şu şekilde ifade edilir:

$$E_f = \int_0^z (z - y)f(y)dy \quad (9)$$

Beklenen fazlalık  $E_s$  cinsinden şu şekilde ifade edilir:

$$\begin{aligned} E_f &= \int_0^{\infty} (z - y) f(y)dy - \int_z^{\infty} (z - y) f(y)dy \\ &= z - \mu + E_s \end{aligned} \quad (10)$$

Kesikli dağılımlar için toplamlar, denklemlerdeki integrallerin yerine geçerek hesaplamalar yapılmaktadır.

$$P_s = P\{y \geq z\} = \sum_{y=z}^{\infty} P(y)dy = 1 - F(z) \quad (11)$$

$$P_f = P\{y \leq z\} = \sum_{y=0}^z P(y)dy = F(z) \quad (12)$$

$$E_s = \sum_{y=z}^{\infty} (y - z)P(y)dy \quad (13)$$

$$E_f = \sum_{y=0}^z (z - y)P(y)dy = z - \mu + E_s \quad (14)$$

### 1.4.3.2. Talep için Normal Dağılım

Teslim süresi boyunca talebin  $\mu$  ortalama ve  $\sigma$  standart sapma ile normal dağılıma sahip olduğunu varsayıldığında envanter seviyesi şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$z = \mu + n\sigma \text{ ya da } n = \frac{z - \mu}{\sigma} \quad (15)$$

Stoksuzluk riski:

$$G(n) = \int_n^{\infty} (y - n)\phi(y)dy = \phi(n) - n[1 - Y(n)] \quad (16)$$

Normal dağılım ile standart normal dağılım arasındaki ilişkiler kullanılarak aşağıdaki eşitlikler sağlanmaktadır:

$$f(z) = \left(\frac{1}{\sigma}\right) \phi(n) \quad (17)$$

$$F(z) = Y(n) \quad (18)$$

$$E_s(z) = \sigma G(n) \quad (19)$$

$$E_f = z - \mu + \sigma G(n) \quad (20)$$

Burada  $G(n)$  stoksuzluk riskini,  $\phi(n)$  Standart normal dağılım fonksiyonunu,  $Y(n)$  olasılık yoğunluk fonksiyonunu ifade etmektedir.

## 1.5. Simülasyon Tabanlı Optimizasyon

Literatürde benzetim olarak da bilinen simülasyon, temsil ettiği sistemin mantıksal modelini oluşturma işlemidir. Karmaşık proseslerin ve sistemlerin tasarımını ve işletimini sağlayan yaygın ve kullanışlı analiz araçlarından biridir.

Simülasyon modeli, bir sistemin matematiksel modelinin simülasyon kullanılarak incelenmesini ifade eder. Simülasyon modelinin belirli bir süre boyunca çalıştırılması sonucunda, sistemin girdi değişkenlerinin analizi yapılır ve sistemin çıktılarına ilişkin bilgiler toplanır. Simülasyon modeli, girdi değişkenlerinde yapılan anlamlı değişikliklerle

çıktı değişkenlerinde meydana gelen değişikliklerin nedenlerinin gözlemlenebilmesine olanak sağlar [16].

Simülasyon yönteminin avantajlarından bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Simülasyon yöntemi gerek görüldüğü zamanlarda üzerinde değişiklikler yapılabilen esnek bir yöntemdir.
- Alternatif tasarımlar birbiriyle rahatça karşılaştırılabilir.
- Gerçek sistemin değişmeden, riske atılmadan denenmesine olanak sağlar.
- Yeni parametreler, kaynaklar, çalışma koşulları ve politikaları altında sistem performansını tahmin etmeye yardımcı olur.
- Karmaşık modeller üzerinde çalışabilen çok yönlü bir araçtır.
- Simülasyon yazılımlarının kısıtlayıcı olmaması, kullanımının kolay ve istatistiksel analiz yeteneğine sahip olması da avantajlarından biri olarak sayılabilir [17].

Simülasyon tabanlı optimizasyon, karmaşık sistemlerin analizinde simülasyon modellerini optimizasyon teknikleriyle birleştiren bir yöntemdir. Bu yaklaşım, geleneksel analitik yöntemlerin yetersiz kaldığı durumlarda belirsizlik ve karmaşıklığı ele almak için kullanılan etkili bir araçtır. Matematiksel ifadelerle ihtiyaç duymaksızın gerçek modeli tanımlayabilmekte ve modeli bilgisayar ortamında çalıştırarak bulunan çıktılarla simülasyon optimizasyonu gerçekleştirilebilir [18].

Simülasyon tabanlı optimizasyon iki ana bileşenden oluşmaktadır; simülasyon ve optimizasyon. Simülasyon kısmında amaç, gerçek sistemin bir modelini oluşturmak ve bu model üzerinde deneyler yapmaktır. Optimizasyon kısmında ise amaç, simülasyon modeline dayanarak karar değişkenleri için en uygun değerleri bulmaktır. Simülasyon tabanlı optimizasyon yaklaşımının aşamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- **Problem tanımı:** Sistem ve amaçlar tanımlanır, karar değişkenleri, kısıtlar ve belirsizlik kaynakları belirlenir.

- **Simülasyon modeli geliştirme:** Sistemin mantıksal modeli bir simülasyon programı ile oluşturulur. Belirsizlikler ve stokastik süreçler modellenir.
- **Optimizasyon stratejisi belirleme:** Kullanılacak optimizasyon yöntemi seçilir (örneğin meta-sezgisel yöntemler, arama yöntemleri vb.)
- **Simülasyon ve optimizasyon entegrasyonu:** optimizasyon algoritması simülasyon modeline entegre edilir. Algoritma simülasyon modeli üzerinde iteratif olarak çalışarak en iyi çözümü arar.
- **Sonuçların analizi:** Elde edilen çözümler değerlendirilir. Simülasyon çıktı performans ölçütleri ve karar değişkenleri analiz edilir.

Son yıllarda, simülasyon tabanlı optimizasyon yapmaya yönelik yazılımlar oldukça gelişmiştir. Bu ticari yazılım paketlerinden en yaygın kullanılanları, satıcı şirketleri ve öncelikli arama stratejileri Tablo 1.' de sunulmuştur (Law ve Kelton 2000, s.664. Tablo 12.11'den adapte edilmiştir [19]).

Tablo 1. Simülasyon tabanlı optimizasyona yönelik ticari yazılımlar

Optimizasyon Yazılımı (Simülasyon Programı)	Satıcı (URL)	Arama Stratejileri
AutoStat (AutoMod)	AutoSimulations, Inc. (www.autosim.com)	Evrimsel, genetik algoritmalar
OptQuest (Arena, Crystal Ball)	Optimization Technologies, Inc. (www.opttek.com)	Dağılık arama, tabu arama, sinir ağları
OPTIMIZ (SIMUL8)	Visual Thinking International Ltd. (www.simul8.com)	Sinir ağları
SimRunner (ProModel)	PROMODEL Corp. (www.promodel.com)	Evrimsel, genetik algoritmalar
Optimizer (WITNESS)	Lanner Group, Inc. (www.lanner.com/corporate)	Tavlama benzetimi, tabu arama

Bu tez çalışması kapsamında, ARENA simülasyon programına entegre olan OptQuest yazılımı kullanılmıştır. OptQuest ticari simülasyon platformlarıyla entegre çalışabilen güçlü bir optimizasyon aracıdır [19]. OptQuest, stokastik modellerde karar değişkenlerini optimize etmek amacıyla Dağılık arama, Tabu Arama ve Yapay Sinir Ağları algoritmalarının entegrasyonu olan zeki bir arama algoritması kullanır. Yazılım

avantajları, çok farklı türdeki optimizasyon problemleri için uygulanabilir olması, dağınık arama ve tabu arama gibi yöntemlerle yerel çözümlere takılmadan daha iyi çözümler bulabilmesi ve farklı simülasyon platformlarıyla kolay entegrasyonunun sağlanabilmesidir. Dezavantajı ise, kullanıcının modelin iç işleyişi veya algoritmanın matematiksel temelleri hakkında detaylı bilgi edinememesi ve karmaşık simülasyon problemlerinde hesaplama süresinin yüksek olabilmesidir.



## 2. BÖLÜM

### LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

#### 2.1. Stokastik Envanter Modellerine Yönelik Literatür Araştırması

Bu bölümde stokastik envanter modellerinin çözümüne farklı yaklaşımlar getirilen çalışmaların literatür çalışması yapılmıştır.

Bu çalışmalar arasında Shao ve Ji [20] çok ürünli gazeteci çocuk problemine bütçe kısıtı ve bulanık talep altında ve farklı kriterleri göz önüne alarak üç model geliştirmişlerdir. Geliştirilen modellerdeki amaç fonksiyonları; gazeteci çocuğun beklenen karını, hedef kara ulaşma şansını ve bazı şans kısıtlarını, belirli bir güven seviyesinde karşılayan karı maksimize etmektir. Bu modeller için genetik algoritma ve bulanık simülasyona dayalı bir hibrit akıllı algoritma tasarlanmıştır.

Das ve Maiti [21] birkaç perakendeci ve bir tedarikçinin bulunduğu rastgele talepler bulunduran çok amaçlı, tek dönemli envanter problemi üzerine çalışmışlardır. Belirlenen bir depolama kısıtı altında kurulan modeli çözmek için genetik algoritmayı uygulamışlardır. Tedarikçi ve perakendecilerin tek bir yönetim altında olduğu varsayılarak beklenen kar fonksiyonunu maksimize eden çok amaçlı bir model geliştirmişlerdir.

Hosseini vd. [22] çalışmalarında gazeteci çocuk probleminde birden fazla ürünli, birden fazla amacı ve birden fazla kısıtı olan bir model geliştirmişlerdir. Hizmet düzeyini ve karı maksimum seviyeye çıkaracak şekilde sipariş miktarlarını bulmayı amaçlamışlardır. Problemi, tamsayılı doğrusal olmayan bulanık programlama ile modellemişlerdir. Modeli bulanık simülasyon, hedef programlama ve parçacık sürü optimizasyonundan oluşan hibrid bir algoritma ile çözmüşlerdir.

Taleizadeh ve Niaki [23] parti büyüklüğü ve depo kısıtları altında çok ürünlü ve tek dönemli gazeteci çocuk problemine artırımlı miktar indirimi politikasını dahil etmişlerdir. Çok amaçlı doğrusal olmayan tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Modeli çözmek için bulanık simülasyon, hedef programlama ve armoni araması algoritmasından oluşan yeni bir hibrit-meta-sezgisel çözüm algoritması önermişlerdir.

Karahan ve Arslan [24] çalışmalarında firmalar için stok politikasının önemini belirtmişlerdir. Bu politikada ne zaman ve ne kadar sipariş verileceği noktasında stok bulundurma ve bulundurmama durumları incelenerek maliyetlerin en küçükleyecek kararlar verilir. (R,S) stokastik stok modeliyle fabrikanın hammadde stok kontrolünü yapmışlardır.

Kasap vd. [25] çalışmalarında, iş makinelerinin bakım onarım deposu için bir stokastik envanter modeli kurmuşlardır. Modelde, onarımda kullanılacak olan yedek parçaların envanter yönetimi yapılmıştır. Modelin amacı, envanter maliyetlerini minimum seviyeye indirmek için yedek parçalara ait envanter parametrelerini ve yeniden sipariş miktarını belirlemektir. Bu model, önemli yedek parçaların stoksuzluk ihtimalini de düşürmektedir.

Zhang [26] çalışmasında çok ürünlü gazete satıcısı problemine bütçe ve miktar indirimi kısıtlarını dahil etmiştir. Çalışmada, karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama modeli geliştirilmiş ve problemi çözmek için Lagrange çarpanı yöntemi kullanılmıştır.

Zhao vd. [27] sınırlı kaynak ve stokastik talep altında sürekli inceleme (r, Q) politikasına bağlı tek veya çok ürünlü envanter kontrol sistemleri üzerinde çalışmışlardır. Optimal veya optimale yakın çözüm bulmak için yeni bir algoritma geliştirmişlerdir.

Wang vd. [28] bulanık talepler altında sürekli envanter modellerini incelemişlerdir. Talebin bir kısmının ön siparişe alındığı ve kalan kısmının stokların tükendiği dönemde kaybedildiği bu modellerde en uygun kararı bulmak için iki karar yöntemi önerilmiştir. Birinci karar yönteminde, optimal çözüme ulaşmak için bulanık sayıların olası ortalama değerlerine göre sıralandığı bir yaklaşım benimsenmiştir. İkinci karar yönteminde bulanık modelleri çözmek için hibrit akıllı algoritmalar tasarlamak amacıyla bulanık simülasyon tekniği ve diferansiyel gelişim algoritmaları entegre edilmiştir.

Helber vd. [29] tek seviyeli, çok dönemli ve çok ürünlü parti büyüklüğü belirleme problemini stokastik talep ve kapasite kısıtı altında doğrusal olmayan programlama tekniği ile modellemişlerdir.

Mousavi vd. [30] çok dönemli ve çok ürünlü envanter kontrol problemini ele almışlardır. Modele ek olarak enflasyon ve faiz faktörlerini de dahil etmişlerdir. Ürünlerin optimum sipariş miktarlarını belirlemeyi ve böylece toplam sistem maliyetini asgari seviyeye düşürmeyi hedeflemişlerdir. Önerilen matematiksel modeli çözmek için genetik algoritma ve tavlama benzetimi algoritmasını kullanmışlardır.

Çekiç [31] çalışmasında, sabit sipariş maliyetlerini kullanarak durağan olmayan talepler altındaki envanter kontrolü problemlerine stokastik programlama tabanlı çözüm önerileri belirlemiştir. En uygun envanter kontrol kararını belirleyebilmek ve minimum en uygun maliyeti hesaplamak için matematiksel modellemeler kurmuştur.

Sadeghi vd. [32] çalışmalarında tek satıcısı olan birden fazla perakendecili bir tedarik zinciri modeli için taleplerin bulanık olduğu kısıtlı bir VMI (satıcı tarafından yönlendirilen envanter) modeli sunmuşlardır. Depo alanı ve sipariş sayısı kısıtlarını içeren çalışmalarında; sipariş seviyesi maksimum düzeyde ön sipariş miktarlarını içeren en iyi çözüme en yakın bir çözüm bulmayı amaçlamışlardır. Sezgisel algoritmalarla yaptıkları çalışmalar sonucunda hangi algoritmanın daha iyi bir sonuç verdiğini karşılaştırmak için TOPSIS yöntemi kullanarak optimum çözüme en uygun algoritmayı seçerler.

Pasandideh vd. [33] hammadde ve son ürünlerin satış aşamasına varmadan önce sipariş durumunu izleyerek müşteri ihtiyaçlarının karşılanmasını ve maliyette beklenen karın en büyüklenmesi amaçlanmıştır. Bu problemi ilk olarak matematiksel olarak modellemiş, ardından doğrusal olmayan programlama modelinde en uygun çözüme yakın bir çözüm aramışlardır. Çözüme için parçacık sürü optimizasyonu algoritmasını kullanmışlardır.

Doğan vd. [34] çalışmalarında kısa ömürlü ürünlerin envanter yönetimini hızlı bir tedarik zinciri üzerinde değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında üretici, müşteri ve perakendecilerden oluşan tedarik yapısının envanter düzeylerini ve sipariş verme noktalarını simülasyon yaklaşımı ile modellemesini yapmışlardır. Müşteri memnuniyeti ve tedarik zinciri maliyetlerinin minimum kriterlerini göz önüne almışlardır.

Dinçer vd. [35] çalışmalarında havacılık bakım onarım sektöründe faaliyet göstermekte olan bir işletmenin temel sebebini belirsizliğin oluşturduğu stokastik envanter problemlerine simülasyon yaklaşımı ile çözüm getirmeye çalışmışlardır. İstatistiksel analizleri yapabilmek için Minitab programı ve çeşitli senaryolar altında modeli değerlendirmek için ARENA paket programını kullanmışlardır.

Alsolami [36] çalışmasında talebin belirsiz davranışı sebebiyle kuruluşun karşılaştığı zorluklara envanter yönetim sistemi ve simülasyon yaklaşımı ile çözüm getirmeye çalışmıştır. Modelde talep, envanter ve gerçekleşen maliyet gibi birden fazla envanter sisteminin değişken verileri kullanılmıştır.

Polotski vd. [37] çalışmalarında bozulabilir ürünler üreten arızaya eğilimli sistemlerin davranışlarını analiz etmek ve en uygun üretim stratejisini belirlemek için bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Çalışmada makine arızası durumunda talebi karşılamaya yetecek bir stok seviyesine sahip olmak ile stokta çok uzun süre tutulan ürünlerin potansiyel bozulması arasındaki dengeyi çözmek için bir yaklaşım önermişlerdir. Bu tür sistemlerin stokastik davranışını açıklayan bir matematiksel model geliştirmişlerdir.

Zhang ve Chen [38] çalışmalarında beklenen karı maksimuma çıkaran optimal minimum-maksimum politikayı belirlemek için çok ürünlü ortak envanter yenileme problemini incelemişlerdir. ARENA ve Python 'da iki ayrı olay simülasyon modeli geliştirmişlerdir. ARENA ile simülasyon, gradyan tabanlı yöntemler ve parçacık sürü optimizasyonu algoritması optimizasyon yaklaşımlarını kullanmışlardır.

Liu vd. [39] çalışmalarında optimum bileşen envanter politikasını ve her bileşenin bozulma seviyesi eşiklerini bulmak için meta modelleme tabanlı bir simülasyon optimizasyon yöntemi önermişlerdir. Önerilen model ve çözüm yönteminin optimal veya optimuma yakın bakım maliyetini etkin ve verimli bir şekilde bulabileceğini doğrulamak için sayısal bir çalışma yapmışlardır.

Ghafour [40] çalışmasında çok amaçlı sürekli gözden geçirme envanter politikasının Pareto cephesini oluşturmak ve karar vericilerin tercihlerine göre sıralamak için çok kriterli karar verme yöntemlerinden MOPSO ve TOPSIS yöntemlerini birleştirerek entegre bir çözüm elde etmişlerdir.

Utku [41] çalışmasında geleneksel yöntemlerle yarı mamül üreten bir firmada talepler kesin olarak bilinmediği ve olasılıksal olduğu için (R,S) envanter kontrol modelini uygulamıştır. İnşaat malzemeleri üreten bu şirketin envanter seviyesini belirlemek için stokastik bir metodoloji olarak ARENA ile simülasyon kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, mevcut sistemdeki gerçek veriler ile uygulanan geliştirilen model karşılaştırılıp, maliyet azaltma ve firmaya sağladığı faydalar gözlemlenmiştir.

Eltawil vd. [42] çalışmasında rasgele talep, talep gelişleri ve teslim süreleri olan (s, S) envanter kontrol sistemini tabu arama ve sinir ağlarını kullanarak optimize etmişlerdir. Çalışmada yeniden sipariş seviyesi (s) ve sipariş (S) miktarları için toplam envanterle ilgili maliyetleri en aza indiren optimum ayarları bulmak için meta sezgisel tabanlı bir yaklaşım kullanılmıştır.

Dosdoğru vd. [43] çalışmalarında tedarik zincirindeki tedarikçi seçimi ve envanter kontrol sistemini eş zamanlı olarak analiz etmek için periyodik gözden geçirme envanter kontrol sistemine simülasyon optimizasyonu yaklaşımını kullanmışlardır.

Sridhar vd. [44] çalışmalarında bir perakende mağazasının envanter yönetim sistemine ARENA simülasyon yazılımını kullanarak bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Belirli bir ürün için yapılan bu çalışmada model özellikleri değiştirilerek karşılaştırmalar yapılmış ve daha etkili bir sistem önerilmiştir. Mevcut geleneksel envanter yönetim sistemine göre, önerilen sistem envanter seviyesini %40 ve kayıp satışları %87 oranında azaltmıştır. Önerilen sistem ARENA simülasyon yazılımındaki OptQuest modülü kullanılarak optimize edilmiştir. Envanter seviyesi mevcut sisteme kıyasla %73 oranında azaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Kouki vd. [45] çalışmalarında (r, Q) inceleme politikası altında bozulabilir envanter kontrol modelini ele almışlardır. Envanter sisteminde, bozulan ürünlerin beklenen miktarı, beklenen stoksuzluk ve beklenen envanter seviyelerini ARENA yazılımında uygulanan bir simülasyon ile test etmişlerdir. Önerilen yeni envanter politikasının, ürünlerin bozulabilirliğini göz ardı eden klasik (r, Q) politikasından daha avantajlı olduğunu gösteren bir sayısal analiz geliştirmişlerdir.

Gioia vd. [46] çalışmalarında bozulabilir ürünlerin doğrusal kesikli seçim modelleri ile simülasyon tabanlı envanter yönetimini ele almışlardır. Tüketicilerin heterojenliğini ve

fiyat ile kalite arasındaki durumu temsil etmek için basit bir kesikli seçim modelini uyarlayıp, kayıp satış varsayımı altında uzun vadeli ortalama karı maksimize edecek sipariş kurallarını öğrenmek için simülasyon tabanlı optimizasyon uygulamışlardır.

Patil vd. [47] çalışmalarında ARENA v7.0 kullanılarak tedarik zincirinde çok kademeli envanter sistemi için simülasyon modeli geliştirilmiştir. Dağıtım merkezi, üç perakendeci ve müşteriden oluşan modelde satışların iyileştirilmesine ve kayıp satışların azaltılmasına odaklanmışlardır. Simülasyon sonuçları, perakendeciler arasında envanter paylaşımı ile karşılıklı ilişkinin perakendecilerin satışlarını artırmasına yardımcı olacağını göstermektedir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, stokastik envanter problemlerine yönelik olarak, çoğunlukla geliştirilen matematiksel modellerin meta-sezgisel algoritmalar ile çözümüne gidildiği gözlenmektedir. Simülasyon tabanlı optimizasyon yaklaşımının benimsendiği çalışma sayısı oldukça azdır. Mevcut literatürde, sabit sipariş maliyetini dikkate alan tek dönemli stokastik envanter problemine yönelik sadece sezgisel yaklaşımlar bulunmakta, tez kapsamında sunulan simülasyon tabanlı bir optimizasyon yaklaşımı ile çözüm bulunmamaktadır. Bu doğrultuda, sunulan tez çalışması literatüre katkı sağlamaktadır.

### 3. BÖLÜM

#### TEK DÖNEMLİ STOKASTİK ENVANTER MODELLERİ

Literatürde “gazeteci çocuk problemi” olarak da bilinen tek dönemli envanter kontrol modellerinde temel amaç fazla ve eksik sipariş arasındaki dengeyi iyi planlamaktan geçmektedir [48]. Tek dönemlik sipariş edilen ürünler için kullanılan bu modelde talep belirsizdir. Talepler negatif değerler alamazlar ve rassal bir değişken olarak belirlenmektedir. Modelin bir olasılık dağılımına uyduğu varsayılır. Bu modele göre siparişler dönem başında alınır ve aynı dönemde satılır. Belirsiz bir talep verisi altında tek dönem için beklenen karı en büyükleyen veya beklenen maliyeti en küçükleyen en uygun sipariş miktarının bulunması amaçlanmaktadır. Tek dönemli stokastik envanter modellerinin genel özellikleri aşağıdaki gibi açıklanmaktadır [49]:

- Başlama ve sonlanma noktaları belirgin bir şekilde tanımlanmış olan kısa süreli satış dönemleri vardır.
- Satış dönemi öncesinde talep edilen ürün için üretim veya sipariş miktarları belirlenmelidir.
- Dönemler arasında satış olmaması durumunda uzun hareketsizlikler oluşur. Bundan dolayı satış dönemi öncesi taleplerde belirsizlikler gözlemlenebilir. Aynı zamanda bu dönem boyunca, müşteri tercihleri ve ekonomik koşullar da değişiklik gösterebileceği için belirli bir dönemde ortaya çıkması beklenen sezonluk ürünler için satış tahminleri her dönem yeniden gözden geçirme gerektirecektir.
- Dönemdeki toplam talep, mevcut envanter miktarını geçerse stoksuzluk maliyeti ortaya çıkar. Böyle bir durumun sonucunda talep karşılanamazsa kayıp satış durumu meydana gelir.

- Dönemdeki toplam talep, mevcut envanter miktarından az olursa elde bulundurma maliyeti ortaya çıkar. Böyle bir durumun sonucunda elde kalan envanter hurda durumuna düşer. Elde kalan envanteri bir sonraki döneme taşımak pahalı olacaktır. Bir sonraki dönemde satış garantisi de olmayacağı için dönem içerisinde fiyat iskontoları uygulanabilir.

Tek dönemlik envanter modeline uygun örnekler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Bir modaya tabi olan ürünler.
- Bir ömrü olan, bozulabilir, hızlı bir şekilde eskiyen ürünler.
- Dönem içerisinde ikinci bir siparişin verilemeyeceği mevsimsel ürünler.
- Bir kez stoklanabilen ürünler.
- Planlama açısından geleceği belirsiz görülen yeni ürünler.

Tek dönemli stokastik envanter modelleri sabit sipariş maliyeti olan ve olmayan olarak iki sınıfta incelenebilir, aşağıdaki bölümlerde bu modellere ait detaylı açıklamalar sunulmuştur.

### 3.1.Sabit Sipariş Maliyeti Olmayan Tek Dönemli Model (Model-1)

Bu modelde gazeteci çocuk bir günde satışa sunulan bir miktar ürünü satın almaktadır. Ürünler birim başına  $C_p$  fiyatından alınmakta ve birim başına  $C_k$  fiyatına satılmaktadır. Bir ürünün dönem sonunda satılmaması durumunda hurda değeri  $C_h$  olmaktadır. Eğer talep bu aralıkta karşılanmazsa, birim stoksuzluk başına  $C_s$  maliyeti ortaya çıkmaktadır. Bu modelde gazeteci çocuk satın alınacak ürün sayısını belirlemek istemektedir, sipariş seviyesi  $S$  olarak belirtilmektedir. Bu modelde sipariş vermenin herhangi bir maliyeti yoktur. Dönem boyunca kâr, talebin sipariş seviyesinin üzerine çıkmasına ya da altına düşmesine bağlıdır.

Talep  $S'$  den küçükse, yalnızca satılan miktar (talep)  $D$  kadar gelir elde edilir. Satın alınan miktar  $S$  ve satılmayan miktar  $S - D'$  dir. Bu durumda kar aşağıdaki gibidir:

$$Kar = C_k - C_p S + C_h(S - D) , D \leq S \quad (21)$$

Talep  $S'$  den büyükse, yalnızca satılan miktar  $S$  için gelir elde edilir. Her eksik ürün için  $C_s$  kadar bir stoksuzluk maliyeti harcanır. Bu durumda kar şöyledir:

$$Kar = C_k S - C_p S - C_s (D - S) , D \geq S \quad (22)$$

- **Beklenen fazlalık ve beklenen stoksuzluk:** Talep başlangıçtaki stok seviyesinden azsa fazla stok kalır, bu beklenen fazlalığı ifade etmektedir. Eğer talep başlangıçtaki stok seviyesinden fazla ise beklenen stoksuzluğu ifade etmektedir.

Beklenen fazlalık ve beklenen stoksuzluk dahil olduğunda beklenen kar şöyledir;

$$E[Kar] = C_k \mu - C_p S + C_h E_f - (C_s + C_k) E_s \quad (23)$$

Optimum sipariş seviyesini bulmak için kârın  $S'$ ye göre türevi alınıp 0 'a eşitlenir.

$$\frac{dE[Kar]}{dS} = -C_p + C_h \int_0^S f(D) dD + (C_s + C_k) \int_S^{\infty} f(D) dD = 0 \quad (24)$$

Ve buradan:

$$-C_p + C_h F(s) + (C_s + C_k)[1 - F(S)] = 0 \quad (25)$$

Optimum sipariş seviyesi ( $S^*$ ) şu şekilde belirlenir:

$$F(S^*) = \frac{C_k - C_p + C_s}{C_k - C_h + C_s} \quad (26)$$

Optimum beklenen maliyet;

$$E[Maliyet] = C_p S + h E_f + V E_s \quad (27)$$

Optimum çözüm aşağıdaki gibi elde edilir:

$$F(S^*) = \frac{V - C_p}{V + h} \quad (28)$$

Burada “ $h$ ” değeri hurda değerinin negatifidir. “ $V$ ” değeri ise birim başına gelir kaybı ve stoksuzluk maliyetinin toplamıdır.

Sipariş düzeyi aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$S = \mu + n\sigma \quad (29)$$

Standart normal dağılım fonksiyonu;

$$\Phi(n^*) = \frac{C_k - C_p + C_s}{C_k - C_h + C_s} = \frac{V - C_p}{V + h} \quad (30)$$

Sonuç olarak karın beklenen değeri aşağıda belirtildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$E[Kar] = C_k\mu - C_pS + C_h[S - \mu + \sigma G(n)] - (C_s + C_k)\sigma G(n) \quad (31)$$

### 3.2.Sabit Sipariş Maliyeti Olan Tek Dönemli Model (Model-2)

Bu modelde başlangıçta stokta  $z$  adet gazetenin bulunduğu varsayılmaktadır. Stoğu  $S$  düzeyine çıkarmak için daha fazla gazete satın alınırsa sabit sipariş maliyeti  $C_o$  harcanır. Yeniden sipariş noktası adı verilen bir  $s$  düzeyi belirlenmektedir. Eğer  $z, s$ 'den büyükse ek gazete satın alınmamaktadır. Böyle bir politikaya yeniden sipariş noktası, sipariş düzeyi sistemi veya  $(s, S)$  sistemi adı verilir.

Bu modelde sabit sipariş maliyetinin çıkarıldığı ve yalnızca  $(S - z)$  adet satın alındığı haliyle beklenen kar;

$$P_O(z, S) = C_k\mu - C_p(S - z) + C_hE_f[S] - (C_s + C_k)E_s[S] - C_o \quad (32)$$

Optimal çözüm;

$$F(S^*) = \frac{C_k - C_p + C_s}{C_k - C_h + C_s} \quad (33)$$

olarak bulunur.

Herhangi bir ek gazete satın alınmazsa sistem başlangıçtaki envanter “ $z$ ” ile yetinmek zorundadır. Bu durumda beklenen kar aşağıdaki gibi olur;

$$P_N(z) = C_k\mu + C_hE_f[z] - (C_s + C_k)E_s[z] \quad (34)$$

Burada beklenen fazlalık ve eksiklik  $z$  değerine bağlıdır.

$z, S$ 'ye eşit olduğunda  $P_N(z), P_O(z, S)$  'dan  $C_o$  miktarı kadar büyüktür ve ek ürün satın alınmamalıdır.  $z$  azaldıkça  $P_N(z)$  ve  $P_O(z, S)$  yaklaşır. “ $z$ ”, optimal yeniden sipariş noktası olan  $s^*$ 'ye eşit olduğunda iki ifade eşittir. Bu durumda, en uygun yeniden sipariş noktası  $s^*$  'dir;

$$P_O(s^*, S) = P_N(s^*) \quad (35)$$

Genellikle bu eşitliği sağlayan integrallerin çözümü zordur. Ancak talebin normal dağıldığı varsayıldığında, iki durumdaki beklenen karı dağılım parametrelerinin bir fonksiyonu olarak yazmak mümkündür. Talep normal dağılıma sahip ise, başlangıç arzı  $z$  verildiğinde, stoğu  $S$  seviyesine kadar yenilemenin sonucu elde edilen kar aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$P_O(z, S) = C_k \mu - C_p(S - z) + C_h[S - \mu + \sigma G(n)] - (C_s + C_k)[\sigma G(n)] - C_o \quad (36)$$

Burada  $S$  değeri Denklem (29) 'daki gibidir.

Envanteri yenilemeden eldeki ürünlerle çalışılırsa beklenen kâr;

$$P_N(z) = E[Kar] = C_k \mu + C_h[z - \mu + \sigma G(n_z)] - (C_s + C_k)[\sigma G(n_z)] \quad (37)$$

Burada  $z$  değeri:

$$z = \mu + n_z \sigma \quad (38)$$

olarak hesaplanmaktadır.

## 4. BÖLÜM

### TEK DÖNEMLİ STOKASTİK ENVANTER PROBLEMİNE YÖNELİK ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI

Tez çalışması kapsamında öncelikle, sabit sipariş maliyetini olmayan ve sabit sipariş maliyeti olan tek dönemli stokastik envanter problemlerine yönelik analitik çözüm yaklaşımları sunulmuş ve sonrasında simülasyon tabanlı optimizasyon yaklaşımı ile ilgili problemlere yönelik çözümler geliştirilmiştir.

#### 4.1. Tek Dönemli Stokastik Envanter Problemi için Analitik Çözüm

Bu bölüm, günlük satış için bir miktar gazete satın almak zorunda olan gazeteci çocuk problemini ele almaktadır. Kağıtların satın alma maliyeti 0.20 dolar olup, müşterilere 0.50 dolar fiyatla satılmaktadır. Gün sonunda satılmayan gazeteler yayıncıya 0.04 dolar karşılığında iade edilmektedir. Kağıt tedarikinin bitmesi durumunda stoksuzluk maliyeti 0.30 dolardır. Gün içindeki ortalama talebin 300, standart sapmanın ise 50 olduğu bu modelde kaç kağıt satın alınacağı belirlenmesi beklenmektedir. Modellerde talebin normal dağıldığı varsayılmaktadır.

Sabit sipariş maliyetinin dahil edilmediği model (Model-1) ve sabit sipariş maliyetinin dahil edildiği modelin (Model-2) analitik çözümleri MS Excel Elektronik Tablo Programı içerisinde yapılmıştır.

##### 4.1.1. Model-1 için Analitik Çözüm

Bu model, sabit sipariş maliyetinin dahil edilmediği modeldir. Gazeteci çocuğun sipariş verme maliyetinin olmadığı varsayılmaktadır. Problemin verileri Tablo 2' de gösterildiği gibidir.

Tablo 2. Model-1 problem verileri

Hurda Değeri ( $C_h$ )	0.04
Satış Fiyatı ( $C_k$ )	0.5
Satın alma Maliyeti ( $C_p$ )	0.2
Stoksuzluk Maliyeti ( $C_s$ )	0.3
Ortalama Talep ( $\mu$ )	300
Standart Sapma ( $\sigma$ )	50

Optimum sipariş miktarını hesaplayabilmek için öncelikle standart normal dağılım fonksiyonu Denklem (30) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\Phi(n^*) = \frac{C_k - C_p + C_s}{C_k - C_h + C_s} = \frac{V - C_p}{V + h} = \frac{0.5 - 0.2 + 0.3}{0.5 - 0.04 + 0.3} = 0.7895$$

Standart normal dağılım fonksiyonunun tersi alınarak  $n^*$  değeri 0.805 olarak bulunmuştur.

Optimum sipariş miktarı Denklem (29) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$S = \mu + n\sigma = 300 + 0.805 * 50 = 340.2$$

Sonuç olarak gazeteci çocuğun günlük yaklaşık 340 gazete satın alması önerilir.

Optimum sipariş miktarındaki maksimum kar ve minimum maliyet değerlerini hesaplayabilmek için beklenen fazlalık ve beklenen stoksuzluk değerlerinin bilinmesi gerekmektedir.

Gün içindeki stoksuzluk riski Denklem (16) kullanılarak 0.1192 olarak bulunmuştur. Beklenen stoksuzluk değeri Denklem (19) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$E_s(z) = \sigma G(n) = 50 * 0.1192 = 5.96$$

Beklenen fazlalık değeri Denklem (14) ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$E_f = \sum_{y=0}^z (z - y) P(y) dy = z - \mu + E_s = 340.2 - 300 + 5.96 = 46.2$$

Beklenen kar değeri Denklem (23) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned} E[Kar] &= C_k\mu - C_pS + C_hE_f - (C_s + C_k)E_s \\ &= (0.5 * 300) - (0.2 * 340.2) + (0.04 * 46.2) - ((0.3 + 0.5) * 5.96) \\ &= 79.03 \end{aligned}$$

Beklenen maliyet değeri Denklem (27) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned} E[Maliyet] &= C_pS + hE_f + VE_s \\ &= (0.2 * 340.2) + (-0.04 * 46.2) + ((0.5 + 0.3) * 5.96) = 70.97 \end{aligned}$$

Analitik çözümle elde edilen sipariş miktarı, beklenen fazlalık, beklenen stoksuzluk, beklenen kar ve beklenen maliyet sonuçları Tablo 3' te gösterildiği gibidir.

Tablo 3. Model-1 analitik çözüm sonuçları

Sipariş Miktarı ( $S^*$ )	340.2
Beklenen Fazlalık ( $E_f$ )	46.2
Beklenen Stoksuzluk ( $E_s$ )	5.96
Beklenen Kar E[Kar]	79.03
Beklenen Maliyet E[Maliyet]	70.97

#### 4.1.2. Model-2 için Analitik Çözüm

Sabit sipariş maliyetinin dahil olmadığı gazeteci çocuk probleminde verilen tüm veriler aynı şekilde kalacaktır. Ek olarak bu modelde gazeteci çocuğun sipariş vermesinin maliyeti 20 dolar olarak alınmıştır. Talebin normal dağıldığı varsayılmaktadır. Problemin verileri Tablo 4' te gösterildiği gibidir.

Tablo 4. Model -2 problem verileri

Hurda Değeri ( $C_h$ )	0.04
Satış Fiyatı ( $C_k$ )	0.5
Satın alma Maliyeti ( $C_p$ )	0.2
Stoksuzluk Maliyeti ( $C_s$ )	0.3
Ortalama Talep ( $\mu$ )	300
Standart Sapma ( $\sigma$ )	50
Sabit Sipariş Maliyeti ( $C_o$ )	20

Gazeteci çocuğun, gazete stoğunu optimum sipariş miktarı seviyesine çıkarabilmek için daha fazla gazete aldığı durumda 20 dolarlık sabit sipariş maliyeti harcanır. Eğer başlangıçtaki gazete stoğu yeniden sipariş noktasından büyükse ek gazete satın alınmamaktadır.

Yeniden sipariş noktasının bulunabilmesi için, ek gazete alınıp alınmaması durumundaki karların hesaplanması gerekmektedir. Başlangıçtaki gazete stoğu yeniden sipariş noktasında eşit olduğunda iki durumdaki kar değerleri birbirine eşittir.

Sabit sipariş maliyeti olmayan tek dönemli modeldeki formülasyonlar aynen kullanılarak bu modelde de optimum sipariş miktarı 340.2, beklenen fazlalık 46.2 ve beklenen stoksuzluk 5.96 değerini almıştır. Bu modelde kar değerleri, Denklem (36) ve Denklem (37)' ye göre ek gazete satın alınıp alınmaması durumunda değişiklik gösterecektir.

Ek gazete satın alındığı ve alınmadığı durumlardaki kar değerlerinin birbirlerine en yakın olduğu nokta yeniden sipariş noktası olarak belirlenecektir. Bu iki durumdaki kar değerlerini hesaplayabilmek için yeniden sipariş noktası olan  $z$  değerinin bilinmesi gerekmektedir. MS Excel Elektronik Tablo Programı içerisinde 100 ve 300 arasındaki tüm yeniden sipariş noktaları için ek gazete satın alındığı ve ek gazete satın alınmadığı durumundaki karların mutlak farkları alınmıştır.

MS Excel Elektronik Tablo Programı içerisinde hesaplanan 100 ve 300 arasındaki değerlerden bir kısmı Tablo 5' te gösterildiği gibidir.

Tablo 5. Mutlak kar farkı

$z$	Kar	$n_z$	$G(n_z)$	Kar2	Mutlak Kar Farkı
<b>252</b>	109.43	-0.96	1.04	108.18	1.24
<b>253</b>	109.63	-0.94	1.03	108.85	0.77
<b>254</b>	109.83	-0.92	1.01	109.52	0.31
<b>255</b>	110.03	-0.9	1.00	110.18	0.15
<b>256</b>	110.23	-0.88	0.98	110.84	0.60
<b>257</b>	110.43	-0.86	0.96	111.49	1.06

Tablo 5 incelendiğinde, ek gazete satın alındığı ve alınmadığı durumlardaki karların birbirine en yakın olduğu noktanın 255 değeri olduğu bulunmaktadır. Bu durumda yeniden sipariş noktası değeri 255' tir.

255 değeri olarak bulunan optimum yeniden sipariş noktasının dahil edilerek, ek gazete satın alındığı durumunda kar değeri Denklem (36)' ya göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned} P_O(z, S) &= C_k\mu - C_p(S - z) + C_h E_f[S] - (C_s + C_k)E_s[S] - C_o \\ &= (0.5 * 300) - (0.2 * (340.2 - 255)) + (0.04 * 46.2) \\ &\quad - ((0.3 + 0.5) * 5.96) - 20 = 110.03 \end{aligned}$$

255 değeri olarak bulunan optimum yeniden sipariş noktasının dahil edilerek, ek gazete satın alınmadığı durumunda kar değeri Denklem (37)' ye göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned} P_N(z) &= E[Kar] = C_k\mu + C_h[z - \mu + \sigma G(n_z)] - (C_s + C_k)[\sigma G(n_z)] \\ &= (0.5 * 300) + 0.04 * [255 - 300 + (50 * 1.00043)] - ((0.3 + 0.5) \\ &\quad * (50 * 1.00043)) = 110.1836 \end{aligned}$$

Burada Denklem (38)' den  $n_z$  değeri şu şekilde hesaplanmıştır:

$$n_z = \frac{z - \mu}{\sigma} = \frac{255 - 300}{50} = -0.9$$

Yeniden sipariş noktası için stoksuzluk riski  $G(n_z)$  Denklem (16)' ya göre 1.00043 olarak hesaplanmıştır.

Analitik çözümle elde edilen sipariş miktarı, beklenen fazlalık, beklenen stoksuzluk, ek gazete satın alındığı durumda kar, ek gazete satın alınmadığı durumda kar ve yeniden sipariş noktası sonuçları Tablo 6' da gösterildiği gibidir.

Tablo 6. Model-2 analitik çözüm sonuçları

Sipariş Miktarı ( $S^*$ )	340.2
Beklenen Fazlalık ( $E_f$ )	46.2
Beklenen Stoksuzluk ( $E_s$ )	5.96
Ek Gazete Satın Alındığı Durumda Kar $E[Kar]$	110.03

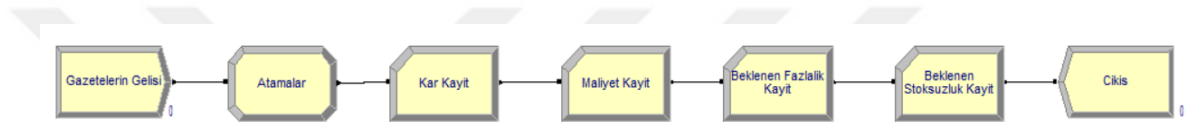
Ek Gazete Satın Alınmadığı Durumda Kar $E[\text{Kar}]$	110.18
Yeniden Sipariş Noktası ( $z$ )	255

## 4.2. Tek Dönemli Stokastik Envanter Problemi için Simülasyon ile Optimizasyon

### 4.2.1. Model-1 için Simülasyon ile Optimizasyon

- Talebin normal dağıldığı varsayıldığında:

Analitik çözümleri yapılan modelin, ARENA simülasyon programı ile simülasyon uygulaması yapılmıştır. Kurulan modelin genel görünümü Şekil 6’ da verildiği gibidir.

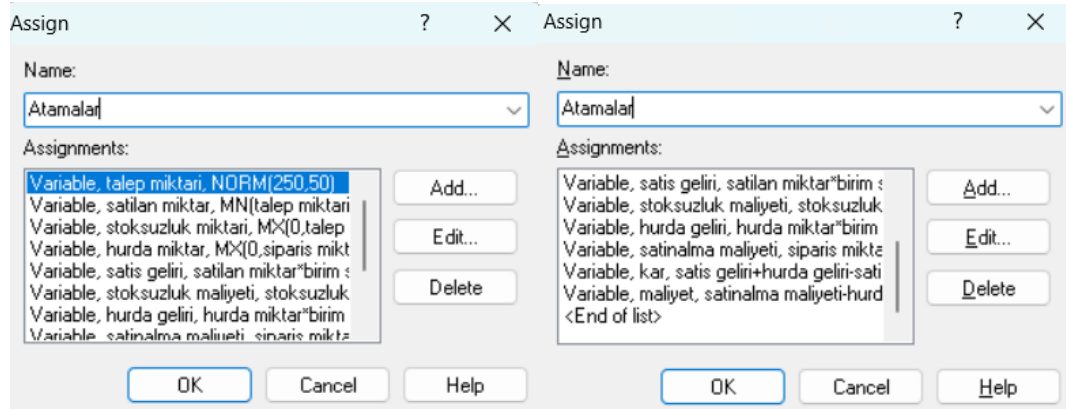


Şekil 6. Model-1 genel görünümü

“Create” modülü ile modeldeki varlık olan gazetelerin sisteme gelişleri yaratılmıştır.

Şekil 7. Model-1 “Create” modülü

Modeldeki varlık olan gazetelerin kar ve maliyet kayıtlarının hesaplanabilmesi için modele ait bazı atamaların “Assign” modülü ile tanımlanması yapılmıştır.



Şekil 8. Model-1 “Assign” modülü

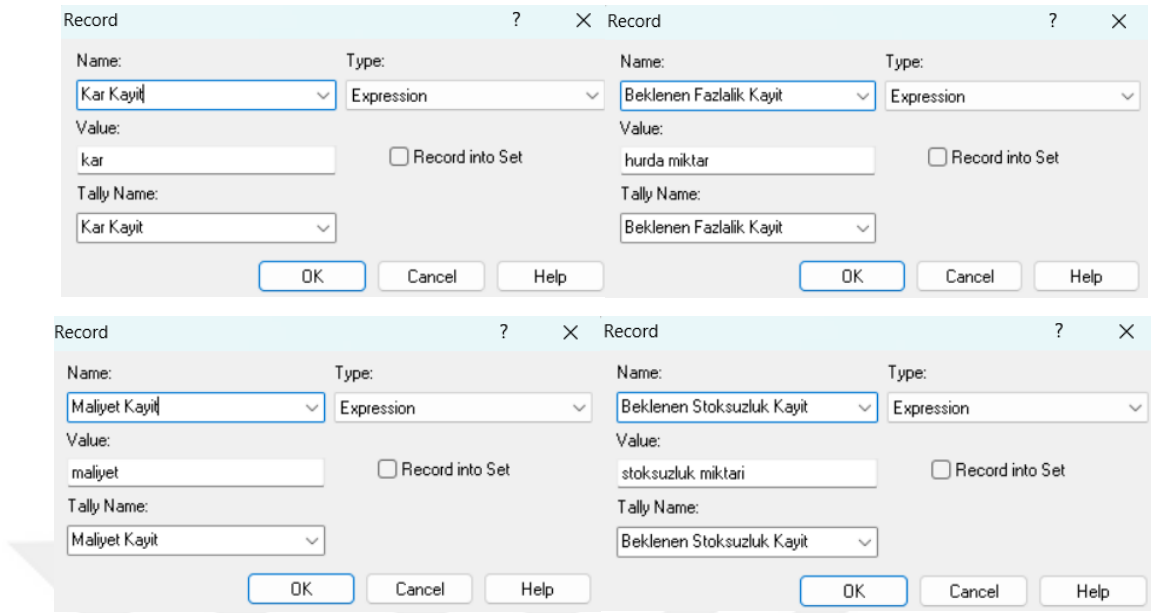
“Assign” modülü içerisinde tanımlanan atamaların detaylı hesaplamaları Tablo 7’ de verilmiştir.

Tablo 7. Model-1 “Assign” modülü içerisinde tanımlanan atamalar

<b>talep miktarı</b>	NORM(300,50)
<b>satılan miktar</b>	MN(talep miktarı,siparis miktarı)
<b>stoksuzluk miktarı</b>	MX(0,talep miktarı-siparis miktarı)
<b>hurda miktar</b>	MX(0,siparis miktarı-talep miktarı)
<b>satış geliri</b>	satılan miktar*birim satış fiyatı
<b>stoksuzluk maliyeti</b>	stoksuzluk miktarı*birim stoksuzluk maliyeti
<b>hurda geliri</b>	hurda miktar*birim hurda satış fiyatı
<b>satınalma maliyeti</b>	siparis miktarı*birim maliyet
<b>kar</b>	satış geliri+hurda geliri-satınalma maliyeti-stoksuzluk maliyeti
<b>maliyet</b>	satınalma maliyeti-hurda geliri+stoksuzluk maliyeti

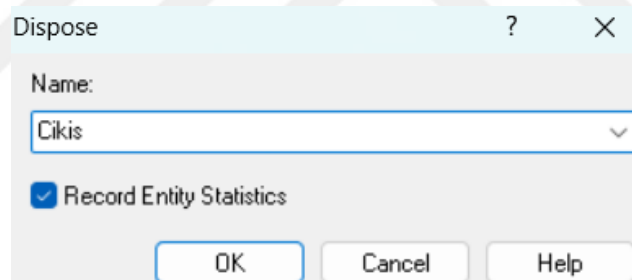
Tablo 7’ de belirtilen “birim satış fiyatı”, “birim maliyet”, “birim hurda satış fiyatı”, “birim stoksuzluk maliyeti” ve “siparis miktarı” modelin verilerine göre “Basic Process” şablonu içerisinde bulunan “Variable” modülünde tanımlanmıştır.

Model-1’ in sonunda beklenen fazlalık, beklenen stoksuzluk, kar ve maliyet çıktılarını görebilmek için “Record” modülü ile sonuçların kaydı tutulmuştur. Modeldeki “Record” modülleri Şekil 9’ da gösterildiği gibidir.



Şekil 9. Model-1 “Record” modülleri

Gazetelerin sistemden çıkışı “Dispose” modülü ile tanımlanmıştır.



Şekil 10. Model-1 “Dispose” modülü

Model, bir saat boyunca 1000 replikasyonla çalıştırılmıştır. Modele ait “Run Setup” ayarları Şekil 11’ de verildiği gibidir.

Şekil 11. Model-1 “Run Setup” ayarları

Arena içerisinde beklenen fazlalık, beklenen stoksuzluk, kar ve maliyet değerlerinin sonuç çıktılarını görebilmek için, analitik çözümle 340.2 olarak hesaplanan sipariş miktarı simülasyon modelinde girdi olarak kullanılmıştır ve “Variable” data modülünde 340 olarak girilmiştir. Model çalıştırıldığında ARENA’ nın verdiği sonuçlar Şekil 12’ de verildiği gibidir.

10:12:14 **Category Overview** Kasım 6, 2024  
Values Across All Replications

**Unnamed Project**

Replications: 1.000 Time Units : Hours

**User Specified**

**Tally**

Expression	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Beklenen Fazlalık Kayıt	44.4164	< 2,52	0.00	195.16	0.00	195.16
Beklenen Stoksuzluk Kayıt	6.4301	< 1,03	0.00	117.80	0.00	117.80
Kar Kayıt	79.6394	< 1,07	12.2268	101.96	12.2268	101.96
Maliyet Kayıt	68.1524	< 0,36	60.1936	103.34	60.1936	103.34

Şekil 12. Model-1 ARENA sonuç çıktısı

Modelin, ARENA' nın bir çözümlenme aracı olan OptQuest ile optimizasyonu yapılmıştır. Modele göre karı maksimize edecek sipariş miktarı bulunmak istenmektedir.

“Controls” sekmesinde “siparis miktarı” seçilip minimum 150 ve maksimum 450 sınırları içerisinde, analitik çözümlenle bulunan 340 değeri önerilen sipariş miktarı olarak Şekil 13’ te verildiği gibi kaydedilmiştir.

**Controls User Specified**

User Specified Summary								
Included	Control /	Element Type	Type	Low Bound	Suggested Value	High Bound	Step	Description
<input type="checkbox"/>	satılan miktar	Variable	Continuous	0	0	0	N/A	
<input type="checkbox"/>	satılmalma maliyeti	Variable	Continuous	0	0	0	N/A	
<input type="checkbox"/>	satıs geliri	Variable	Continuous	0	0	0	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	siparis miktarı	Variable	Continuous	150	340	450	N/A	
<input type="checkbox"/>	stoksuzluk maliyeti	Variable	Continuous	0	0	0	N/A	
<input type="checkbox"/>	stoksuzluk miktarı	Variable	Continuous	0	0	0	N/A	
<input type="checkbox"/>	talep miktarı	Variable	Continuous	0	0	0	N/A	

Şekil 13. Model-1 “Controls” sekmesi

“Responses” sekmesinde kar değışkeni Şekil 14’ te verildiği gibi seçilmiştir.

**Responses**

Responses Summary				
Included	Category	Data Type	Response /	Response Type
<input type="checkbox"/>	User Specified	Variable	birim satıs fiyatı	Variable Value
<input type="checkbox"/>	User Specified	Variable	birim stoksuzluk maliyeti	Variable Value
<input type="checkbox"/>	User Specified	Variable	hurda geliri	Variable Value
<input type="checkbox"/>	User Specified	Variable	hurda miktar	Variable Value
<input checked="" type="checkbox"/>	User Specified	Variable	kar	Variable Value
<input type="checkbox"/>	User Specified	Expression	Kar Kayıt	Tally Value
<input type="checkbox"/>	User Specified	Variable	maliyet	Variable Value

Şekil 14. Model-1 “Responses” sekmesi

“Objectives” sekmesinde karı maksimize eden ifade Şekil 15’te verildiği gibi belirtilmiştir.

**Objectives**

Objectives Summary					
Select	Name	Linear	Goal	Description	Expressio /
<input checked="" type="checkbox"/>	New Objective	NonLinear	Maximize		[kar]

Şekil 15. Model-1 “Objectives” sekmesi

Simülasyon 100 kez 1000 replikasyonla çalıştıktan sonra çıkan en iyi sonuçlar Şekil 16’ da verildiği gibidir. Optquest ile karı maksimize eden sipariş miktarı Şekil 17’ de gösterildiği gibi 341.338999 değeri ile 96. simülasyonda bulunmuştur.

**Best Solutions**

Best Solutions					
Select	Simulation	Objective Value	Status	siparis miktari	
<input checked="" type="checkbox"/>	96	79,643806	Feasible	341,338999	
<input type="checkbox"/>	97	79,643806	Feasible	341,338970	
<input type="checkbox"/>	71	79,643806	Feasible	341,339066	
<input type="checkbox"/>	72	79,643806	Feasible	341,339143	
<input type="checkbox"/>	89	79,643806	Feasible	341,339132	
<input type="checkbox"/>	90	79,643806	Feasible	341,339136	
<input type="checkbox"/>	91	79,643806	Feasible	341,339057	
<input type="checkbox"/>	70	79,643806	Feasible	341,338914	
<input type="checkbox"/>	99	79,643806	Feasible	341,338880	
<input type="checkbox"/>	92	79,643806	Feasible	341,338797	

Şekil 16. Model-1’ in karını maksimize eden en iyi sonuçlar

**Simulation 96**

Objective Summary	
Objective	Status
79,643806	Feasible

Control Summary				
Control Na /	Type	Low Bound	Solution	High Bound
siparis miktari	Continuous	150,000000	341,338999	450,000000

Response Summary	
Response Na /	Value
kar	79,643806

Şekil 17. Model-1’ in karını maksimize eden en iyi sonuç

- **Talebin poisson dağıldığı varsayıldığında:**

Talebin normal dağıldığı simülasyon modelindeki tüm veriler aynı kalırken, talebin poisson dağıldığı varsayılarak simülasyon tekrar çalıştırılmıştır. “Assign” modülünde “talep miktarı” değişkeni POIS (300) olarak tanımlanmıştır. Modelin bu haliyle sonuç çıktısı, karı maksimize eden en iyi sonuçlar ve en iyi sonuç sırasıyla Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20’ de gösterilmiştir.

21:57:54 **Category Overview** Kasım 27, 2024  
Values Across All Replications

**Unnamed Project**

Replications: 1.000 Time Units : Hours

**User Specified**

**Tally**

Expression	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Beklenen Fazlalık Kayıt	39.3480	< 1,07	0.00	94.0000	0.00	94.0000
Beklenen Stoksuzluk Kayıt	0.05200000	< 0,04	0.00	15.0000	0.00	15.0000
Kar Kayıt	83.8843	< 0,49	58.7600	102.00	58.7600	102.00
Maliyet Kayıt	66.4417	< 0,05	64.2400	72.5000	64.2400	72.5000

Şekil 18. Talep poisson dağıldığında Model-1’ in ARENA sonuç çıktısı

**Best Solutions**

Select	Simulation	Objective Value	Status	siparis miktarı
<input checked="" type="checkbox"/>	94	86,415640	Feasible	314,000000
<input type="checkbox"/>	99	86,415610	Feasible	313,997323
<input type="checkbox"/>	97	86,415576	Feasible	314,023889
<input type="checkbox"/>	98	86,415560	Feasible	313,992712
<input type="checkbox"/>	100	86,415497	Feasible	314,053311
<input type="checkbox"/>	67	86,415445	Feasible	314,072887
<input type="checkbox"/>	66	86,415434	Feasible	314,076760
<input type="checkbox"/>	69	86,415423	Feasible	314,080952
<input type="checkbox"/>	65	86,415414	Feasible	314,084507
<input type="checkbox"/>	68	86,415399	Feasible	314,090082

Şekil 19. Talep poisson dağıldığında Model-1’ in karını maksimize eden en iyi sonuçlar

**Simulation 94**

Objective Summary	
Objective	Status
86,415640	Feasible

Control Summary				
Control Na /	Type	Low Bound	Solution	High Bound
siparis miktarı	Continuous	150,000000	314,000000	450,000000

Response Summary	
Response Na /	Value
kar	86,41564

Şekil 20. Talep poisson dağıldığında Model-1' in karını maksimize eden en iyi sonuç

- **Talebin düzgün dağıldığı varsayıldığında:**

Talebin normal dağıldığı simülasyon modelindeki tüm veriler aynı kalırken, talebin düzgün dağıldığı varsayılarak simülasyon tekrar çalıştırılmıştır. “Assign” modülünde “talep miktarı” değişkeni UNIF (150,450) olarak tanımlanmıştır. Modelin bu haliyle sonuç çıktısı, karı maksimize eden en iyi sonuçlar ve en iyi sonuç sırasıyla Şekil 21, Şekil 22 ve Şekil 23’ te gösterilmiştir.

20:50:50 **Category Overview** Kasım 27, 2024  
Values Across All Replications

**Unnamed Project**

Replications: 1.000 Time Units : Hours

**User Specified**

**Tally**

Expression	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Beklenen Fazlalık Kayıt	57.3390	< 3,87	0.00	189.71	0.00	189.71
Beklenen Stoksuzluk Kayıt	20.8432	< 2,07	0.00	109.76	0.00	109.76
Kar Kayıt	69.3711	< 1,51	14.7321	101.84	14.7321	101.84
Maliyet Kayıt	71.9594	< 0,72	60.4115	100.93	60.4115	100.93

Şekil 21. Talep düzgün dağıldığında Model-1' in ARENA sonuç çıktısı

**Best Solutions** Stopped due to the Auto Stop option.

Best Solutions						
Select	Simulation	Objective Value	Status	siparis miktarı		
<input checked="" type="checkbox"/>	71	72,400557	Feasible	384,221271		
<input type="checkbox"/>	72	72,400557	Feasible	384,221325		
<input type="checkbox"/>	70	72,400556	Feasible	384,221163		
<input type="checkbox"/>	74	72,400556	Feasible	384,221199		
<input type="checkbox"/>	81	72,400556	Feasible	384,221211		
<input type="checkbox"/>	82	72,400556	Feasible	384,221220		
<input type="checkbox"/>	84	72,400556	Feasible	384,221249		
<input type="checkbox"/>	85	72,400556	Feasible	384,221215		
<input type="checkbox"/>	86	72,400556	Feasible	384,221207		
<input type="checkbox"/>	87	72,400556	Feasible	384,221246		

Şekil 22. Talep düzgün dağıldığında Model-1' in karını maksimize eden en iyi sonuçlar

**Simulation 71**

Objective Summary	
Objective	Status
72,400557	Feasible

Control Summary				
Control Na /	Type	Low Bound	Solution	High Bound
siparis miktarı	Continuous	150,000000	384,221271	450,000000

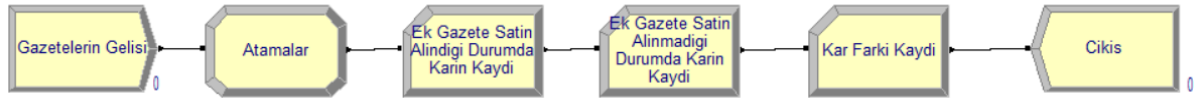
Response Summary	
Response Na /	Value
kar	72,400557

Şekil 23. Talep düzgün dağıldığında Model-1' in karını maksimize eden en iyi sonuç

#### 4.2.2. Model-2 için Simülasyon ile Optimizasyon

- Talebin normal dağıldığı varsayıldığında:

Analitik çözümleri yapılan modelin, ARENA simülasyon programı ile simülasyon uygulaması yapılmıştır. Bu modelin simülasyon genel görünümü Şekil 24' te verildiği gibidir.



Şekil 24. Model-2 genel görünümü

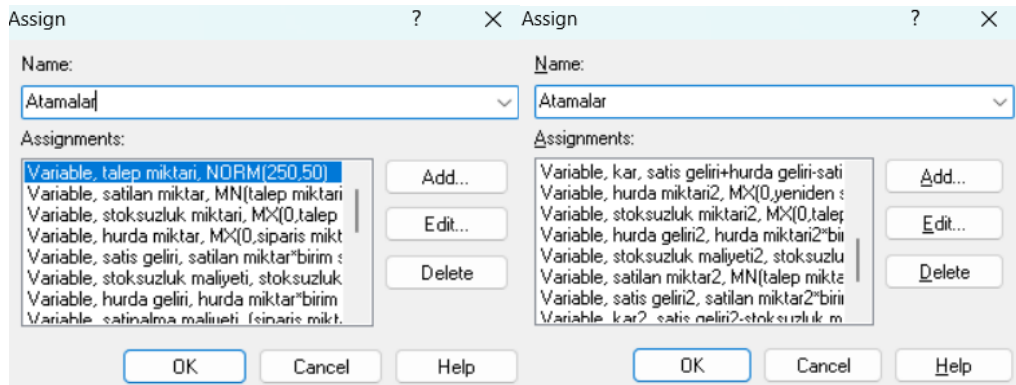
“Create” modülü ile modelin varlığı olan gazetelerin gelişleri sistemde tanımlanmıştır.

Şekil 25. Model-2 “Create” modülü

Bu modelde yeniden sipariş noktasının değeri bulunmak istenmektedir. Ek gazete satın alınan ve alınmayan durumlardaki kar değerlerinin birbirlerine en yaklaştığı nokta yeniden sipariş noktası değerini verecektir. Bu sebeple “Assign” modülü içerisinde ek gazete satın alınan durumdaki kar “kar” ve ek gazete satın alınmayan durumdaki kar “kar2” olarak tanımlanmıştır.

Ek gazete satın alınmayan durumdaki hurda miktarı, stoksuzluk miktarı, hurda geliri, stoksuzluk maliyeti, satılan miktar ve satış geliri de sırasıyla “hurda miktar2”, “stoksuzluk miktarı2”, “hurda geliri2”, “stoksuzluk maliyeti2”, “satılan miktar2” ve “satis geliri2” olarak tanımlanmıştır.

Model-2’ ye ait atamaların “Assign” modülü ile tanımlanması yapılmıştır.



Şekil 26. Model-2 “Assign” modülü

“Assign” modülü içerisinde tanımlanan atamaların detaylı hesaplamaları Tablo 8’ de verilmiştir.

Tablo 8. Model-2 “Assign” modülü içerisinde tanımlanan atamalar

<b>talep miktarı</b>	NORM(300,50)
<b>satılan miktar</b>	MN(talep miktarı,siparis miktarı)
<b>stoksuzluk miktarı</b>	MX(0,talep miktarı-siparis miktarı)
<b>hurda miktar</b>	MX(0,siparis miktarı-talep miktarı)
<b>satış geliri</b>	satılan miktar*birim satış fiyatı
<b>stoksuzluk maliyeti</b>	stoksuzluk miktarı*birim stoksuzluk maliyeti
<b>hurda geliri</b>	hurda miktar*birim hurda satış fiyatı
<b>satınalma maliyeti</b>	(siparis miktarı-yeniden siparis noktası)*birim maliyet
<b>kar</b>	satış geliri+hurda geliri-satınalma maliyeti-stoksuzluk maliyeti-sabit siparis maliyeti
<b>hurda miktar2</b>	MX(0,yeniden siparis noktası-talep miktarı)
<b>stoksuzluk miktarı2</b>	MX(0,talep miktarı-yeniden siparis noktası)
<b>hurda geliri2</b>	hurda miktar2*birim hurda satış fiyatı
<b>stoksuzluk maliyeti2</b>	stoksuzluk miktarı2*birim stoksuzluk maliyeti
<b>satılan miktar2</b>	MN(talep miktarı,yeniden siparis noktası)

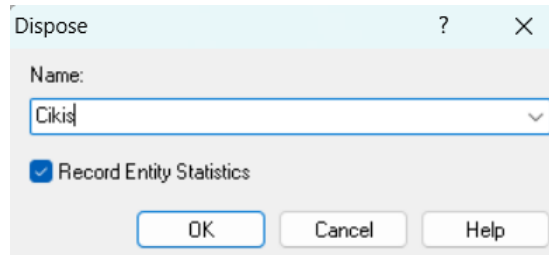
<b>satıs geliri2</b>	satılan miktar2*birim satıs fiyatı
<b>kar2</b>	satıs geliri2-stoksuzluk maliyeti2+hurda geliri2

Tablo 8’ de belirtilen “birim satıs fiyatı”, “birim maliyet”, “birim hurda satıs fiyatı”, “birim stoksuzluk maliyeti”, “siparis miktarı”, “sabit siparis maliyeti” ve “yeniden siparis noktası” modelin verilerine göre “Basic Process” şablonu içerisinde bulunan “Variable” modülünde tanımlanmıştır.

Ek gazete satın alınan ve alınmayan durumda karların kaydı ve bu iki kar farkının kaydının tutulması “Record” modülü ile yapılmıştır.

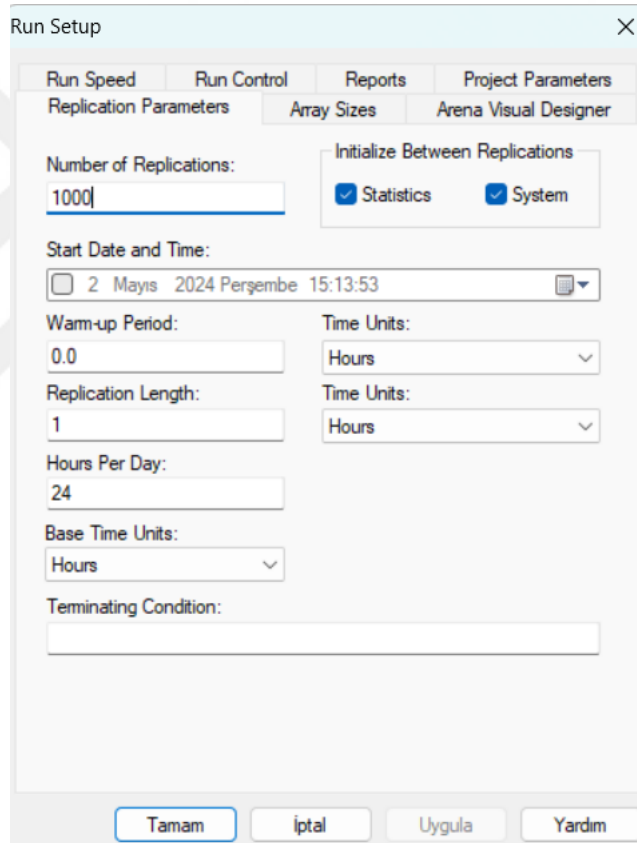
Şekil 27. Model-2 “Record” modülleri

Sistemin varlığı olan gazetelerin sistemden çıkışı “Dispose” modülü ile tanımlanmıştır.



Şekil 28. Model-2 “Dispose” modülü

Modele Ait “Run Setup” ayarları Şekil 29’ da verildiği gibidir. Model, 1000 replikasyonda çalıştırılmıştır.



Şekil 29. Model-2 “Run Setup” ayarları

Arena içerisinde ek gazete satın alındığı ve alınmadığı durumlarda karın kaydının sonuç çıktılarını görebilmek için, analitik çözümle 255 olarak hesaplanan yeniden sipariş noktası simülasyon modelinde girdi olarak kullanılmıştır ve “Variable” data modülünde de 255 girilmiştir. Model çalıştırıldığında ARENA’ nın verdiği sonuçlar Şekil 30’ da verildiği gibidir.

10:16:35 **Category Overview** Kasım 6, 2024  
Values Across All Replications

**Unnamed Project**

Replications: 1.000 Time Units: Hours

**User Specified**

**Tally**

Expression	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Ek Gazete Satın Alındığı Durumda Karın Kaydı	110.64	< 1,07	43.2268	132.96	43.2268	132.96
Ek Gazete Satın Alınmadığı Durumda Karın Kaydı	109.78	< 0,73	66.6613	127.49	66.6613	127.49
Kar Farkı Kaydı	0.8583	< 1,51	-34	31.0000	-34	31.0000

Şekil 30. Model-2 ARENA sonuç çıktısı

Modelin, ARENA' nın bir çözümlenme aracı olan OptQuest ile optimizasyonu yapılmıştır. Ek gazete satın alındığı ve alınmadığı durumlardaki karların farkını minimize eden sonuç optimum yeniden sipariş noktasını verecektir.

“Controls” sekmesinde “yeniden siparis noktası” seçilip minimum 155 ve maksimum 355 sınırları içerisinde analitik çözümle bulunan 255 değeri önerilen sipariş miktarı olarak Şekil 31’ deki gibi kaydedilmiştir.

**Controls User Specified**

User Specified Summary								
Included	Control /	Element Type	Type	Low Bound	Suggested Value	High Bound	Step	Description
<input type="checkbox"/>	siparis miktarı	Variable	Continuous	306000000	340000000	374000000	N/A	
<input type="checkbox"/>	stoksuzluk maliyeti	Variable	Continuous	0	0	0	N/A	
<input type="checkbox"/>	stoksuzluk maliyeti2	Variable	Continuous	0	0	0	N/A	
<input type="checkbox"/>	stoksuzluk miktarı	Variable	Continuous	0	0	0	N/A	
<input type="checkbox"/>	stoksuzluk miktarı2	Variable	Continuous	0	0	0	N/A	
<input type="checkbox"/>	talep miktarı	Variable	Continuous	0	0	0	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	yeniden siparis noktası	Variable	Continuous	155	255	355	N/A	

Şekil 31. Model-2 “Controls” sekmesi

“Responses” sekmesinde ek gazete satın alma durumundaki “kar” ve ek gazete satın almama durumundaki “kar2” olarak tanımlanan değişkenler Şekil 32’ de verildiği gibi seçilmiştir.

**Responses**

Responses Summary					
	Included	Category	Data Type	Response /	Response Type
	<input type="checkbox"/>	User Specified	Variable	hurda miktar	Variable Value
	<input type="checkbox"/>	User Specified	Variable	hurda miktar2	Variable Value
	<input checked="" type="checkbox"/>	User Specified	Variable	kar	Variable Value
	<input type="checkbox"/>	User Specified	Expression	Kar Farki Kaydi	Tally Value
	<input checked="" type="checkbox"/>	User Specified	Variable	kar2	Variable Value
	<input type="checkbox"/>	User Specified	Variable	sabit siparis maliyeti	Variable Value
	<input type="checkbox"/>	User Specified	Variable	satilan miktar	Variable Value

Şekil 32. Model-2 “Responses” sekmesi

Bu modelde ek gazete satın alma durumundaki “kar” değerinin, ek gazete satın almama durumundaki “kar2” değerinden büyük veya eşit olduğu kısıtı Şekil 33’ teki gibi belirlenmiştir.

**Constraints**

Constraints Summary					
	Included	Name	Type	Description	Expression
	<input checked="" type="checkbox"/>	New Constraint	NonLinear		[kar] >= [kar2]

Şekil 33. Model-2 “Constraints” sekmesi

“Objectives” sekmesinde kar farklarını minimize eden ifade Şekil 34’ te verildiği gibi belirtilmiştir.

**Objectives**

Objectives Summary						
	Select	Name	Linear	Goal	Description	Expression
	<input checked="" type="checkbox"/>	New Objective	NonLinear	Minimize		[kar] - [kar2]

Şekil 34. Model-2 “Objectives” sekmesi

Simülasyon 1000 replikasyonda 100 kez çalıştıktan sonra çıkan en iyi sonuçlar Şekil 35’ de verildiği gibidir. Optquest ile kar farkını minimize eden yeniden sipariş noktası 256.516296 değeri ile 70. simülasyonda bulmuştur.

## Best Solutions

Best Solutions						
Select	Simulation	Objective Value	Status	yeniden siparis noktası		
<input checked="" type="checkbox"/>	70	0,157876	Feasible	256,516296		▲
<input type="checkbox"/>	71	0,251674	Feasible	256,312776		
<input type="checkbox"/>	51	0,395979	Feasible	256,000000		
<input type="checkbox"/>	56	0,409876	Feasible	255,969925		
<input type="checkbox"/>	21	0,577470	Feasible	255,607152		
<input type="checkbox"/>	20	0,758885	Feasible	255,214863		
<input type="checkbox"/>	1	0,858263	Feasible	255,000000		
<input type="checkbox"/>	30	1,087184	Feasible	254,506689		
<input type="checkbox"/>	43	1,888918	Feasible	252,796635		
<input type="checkbox"/>	72	2,087405	Feasible	252,377645		▼

Şekil 35. Model-2' nin kar farkını minimize eden en iyi sonuçlar

## Simulation 70

Objective Summary	
Objective	Status
0,157876	Feasible

Control Summary				
Control Name /	Type	Low Bound	Solution	High Bound
yeniden siparis noktası	Continuous	155,000000	256,516296	355,000000

Response Summary	
Response Na /	Value
kar	110,942681
kar2	110,784804

Constraint Summary					
Constraint Na /	Type	Status	Left Side	Operator	Right Side
New Constraint	Non Linear	Feasible	110,942681	>=	110,784804

Şekil 36. Model-2' nin kar farkını minimize eden en iyi sonuç

- **Talebin poisson dağıldığı varsayıldığında:**

Sipariş maliyetinin dahil olduğu bu simülasyon modelindeki tüm veriler aynı kalırken, Model-1’ de talebin poisson olarak dağıldığı varsayıldığında 314 olarak bulunan optimum sipariş miktarı Model-2’ de girdi olarak kullanılmıştır. Talebin poisson dağıldığı varsayılarak simülasyon tekrar çalıştırılmıştır. “Assign” modülünde “talep miktarı” değişkeni POIS (300) olarak tanımlanmıştır. Modelin bu haliyle sonuç çıktısı, karı maksimize eden en iyi sonuçlar ve en iyi sonuç sırasıyla Şekil 37, Şekil 38 ve Şekil 39’ da gösterilmiştir.

15:33:51		Category Overview			Aralık 5, 2024	
<i>Values Across All Replications</i>						
<b>Unnamed Project</b>						
Replications: 1.000		Time Units : Hours				
<b>User Specified</b>						
<b>Tally</b>						
Expression	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Ek Gazete Satın Alındığı Durumda Karın Kaydı	117.42	< 0,37	93.9200	125.20	93.9200	125.20
Ek Gazete Satın Alınmadığı Durumda Karın Kaydı	113.78	< 0,32	97.5000	127.50	97.5000	127.50
Kar Farkı Kaydı	3.6398	< 0,66	-29	15.4000	-29	15.4000

Şekil 37. Talep poisson dağıldığında Model-2’ nin ARENA sonuç çıktısı

**Best Solutions**

Best Solutions					
Select	Simulation	Objective Value	Status	yeniden siparis noktası	
<input checked="" type="checkbox"/>	82	0,063450	Feasible	261,016492	
<input type="checkbox"/>	98	0,096244	Feasible	260,961076	
<input type="checkbox"/>	83	0,100036	Feasible	260,954722	
<input type="checkbox"/>	22	0,466080	Feasible	260,336778	
<input type="checkbox"/>	80	0,487880	Feasible	260,300000	
<input type="checkbox"/>	51	0,665600	Feasible	260,000000	
<input type="checkbox"/>	45	0,670049	Feasible	259,992499	
<input type="checkbox"/>	54	0,927955	Feasible	259,557743	
<input type="checkbox"/>	31	1,009455	Feasible	259,420298	
<input type="checkbox"/>	23	1,424557	Feasible	258,721210	

Şekil 38. Talep poisson dağıldığında Model-2' nin kar farkını minimize eden en iyi sonuçlar

**Simulation 82**

Objective Summary	
Objective	Status
0,063450	Feasible

Control Summary				
Control Name /	Type	Low Bound	Solution	High Bound
yeniden siparis noktası	Continuous	155,000000	261,016492	355,000000

Response Summary	
Response Na /	Value
kar	118,61894
kar2	118,55549

Constraint Summary					
Constraint Na /	Type	Status	Left Side	Operator	Right Side
New Constraint	Non Linear	Feasible	118,618940	>=	118,555490

Şekil 39. Talep poisson dağıldığında Model-2' nin kar farkını minimize eden en iyi sonuç

- **Talebin düzgün dağıldığı varsayıldığında:**

Sipariş maliyetinin dahil olduğu bu simülasyon modelindeki tüm veriler aynı kalırken, Model-1' de talebin düzgün olarak dağıldığı varsayıldığında 384.2 olarak bulunan

optimum sipariş miktarı Model-2’ de girdi olarak kullanılmıştır talebin düzgün dağıldığı varsayılarak simülasyon tekrar çalıştırılmıştır. “Assign” modülünde “talep miktarı” değişkeni UNIF (150,450) olarak tanımlanmıştır. Modelin bu haliyle sonuç çıktısı, karı maksimize eden en iyi sonuçlar ve en iyi sonuç sırasıyla Şekil 40, Şekil 41 ve Şekil 42’ de gösterilmiştir.

16:40:52 **Category Overview** Aralık 5, 2024  
Values Across All Replications

**Unnamed Project**

Replications: 1.000 Time Units: Hours

**User Specified**

**Tally**

Expression	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Ek Gazete Satın Alındığı Durumda Karın Kaydı	103.40	< 2,02	38.6921	146.14	38.6921	146.14
Ek Gazete Satın Alınmadığı Durumda Karın Kaydı	99.80	< 1,00	69.0720	127.38	69.0720	127.38
Kar Farkı Kaydı	3.5963	< 2,52	-41	57.4000	-41	57.4000

Şekil 40. Talep düzgün dağıldığında Model-2’ nin ARENA sonuç çıktısı

**Best Solutions**

Best Solutions						
Select	Simulation	Objective Value	Status	yeniden siparis noktası		
<input checked="" type="checkbox"/>	73	0,022844	Feasible	265,448077		
<input type="checkbox"/>	83	0,044077	Feasible	265,384096		
<input type="checkbox"/>	74	0,080584	Feasible	265,274345		
<input type="checkbox"/>	94	0,172008	Feasible	265,000000		
<input type="checkbox"/>	36	0,179466	Feasible	264,977727		
<input type="checkbox"/>	35	0,246886	Feasible	264,776326		
<input type="checkbox"/>	34	0,381908	Feasible	264,373522		
<input type="checkbox"/>	70	0,408146	Feasible	264,295280		
<input type="checkbox"/>	58	0,449616	Feasible	264,171730		
<input type="checkbox"/>	97	0,632213	Feasible	263,628102		

Şekil 41. Talep düzgün dağıldığında Model-2’ in kar farkını minimize eden en iyi sonuçlar

**Simulation 73**

Objective Summary	
Objective	Status
0,022844	Feasible

Control Summary				
Control Name /	Type	Low Bound	Solution	High Bound
yeniden siparis noktası	Continuous	155,000000	265,448077	355,000000

Response Summary	
Response Na /	Value
kar	105,487602
kar2	105,464758

Constraint Summary					
Constraint Na /	Type	Status	Left Side	Operator	Right Side
New Constraint	Non Linear	Feasible	105,487602	>=	105,464758

Şekil 42. Talep düzgün dağıldığında Model-2' nin kar farkını minimize eden en iyi sonuç

## 5. BÖLÜM

### TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 5.1.Tartışma-Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada tek dönemli stokastik envanter modeli, gazeteci çocuk problemi üzerinden çalışılmıştır. Problemdaki talep değerinin öncelikle normal dağıldığı varsayılmıştır. İlk olarak sabit sipariş maliyeti olmayan model incelenmiştir. Modelin analitik çözümleri MS Excel Elektronik Tablo Programı'nda yapıldığında karı maksimize eden sipariş miktarı 340.2 olarak bulunmuştur. Modelin simülasyon modeli Rockwell ARENA v14 paket programında kurulmuştur. 1000 replikasyonla 100 defa çalıştırılan bu modelin karı maksimize eden sipariş miktarı, bir çözümlenme aracı olan OptQuest ile 341.3 olarak bulunmuştur. İkinci olarak sabit sipariş maliyetini olan model incelenmiştir. Veriler ilk modeldeki veriler ile aynıdır. Ek olarak sabit sipariş maliyeti dahil edilmiştir. Bu modelde ulaşılacak istenen hedef yeniden sipariş noktasını bulmaktır. Yeniden sipariş noktasının bulunabilmesi için, ek gazete satın alınıp alınmaması durumundaki karların hesaplanması gerekmektedir. Başlangıçtaki gazete stoğu yeniden sipariş noktasından büyükse ek gazete satın alınmamaktadır. Başlangıçtaki gazete stoğu yeniden sipariş noktasında eşit olduğunda iki durumdaki kar değerleri birbirine eşittir. Bu doğrultuda ikinci modelin analitik çözümleri MS Excel Elektronik Tablo Programı'nda yapıldığında yeniden sipariş noktası 255 olarak bulunmuştur. İkinci modelin simülasyon modeli OptQuest içerisinde 1000 replikasyonla 100 defa çalıştırıldığında, yeniden sipariş noktası yaklaşık 256.5 olarak bulunmuştur. Bu modelin sonucu olarak gazeteci çocuk gazete stoğunu optimum sipariş miktarı olan 340'a çıkaracak kadar gazete sipariş vermelidir. Eğer yeniden sipariş noktası olan 255' ten fazla gazetesi varsa stok yapmamalıdır.

Talebin normal dağıldığı durumda analitik çözüm sonuçları ve simülasyon sonuçları Tablo 9 ve Tablo 10' da karşılaştırılmıştır.

Tablolarda sabit sipariş maliyeti olmayan model “Model-1” ve sabit sipariş maliyeti olan model “Model-2” olarak tanımlanmıştır.

Tablo 9. Model-1 için analitik çözüm ve simülasyon sonuçları

<b>Model-1</b>	<b>Normal Dağılımla Analitik Çözüm Sonuçları</b>	<b>Normal Dağılımla Simülasyon Sonuçları</b>
<b>Sipariş Miktarı (<math>S^*</math>)</b>	340.2	341.3
<b>Beklenen Fazlalık (<math>E_f</math>)</b>	46.2	44.4
<b>Beklenen Stoksuzluk (<math>E_s</math>)</b>	5.96	6.4
<b>Beklenen Kar</b>	79.03	79.6
<b>Beklenen Maliyet</b>	70.97	68.2

Tablo 10. Model-2 için analitik çözüm ve simülasyon sonuçları

<b>Model-2</b>	<b>Normal Dağılımla Analitik Çözüm Sonuçları</b>	<b>Normal Dağılımla Simülasyon Sonuçları</b>
<b>Ek Gazete Satın Alındığında Kar</b>	110.03	110.06
<b>Ek Gazete Satın Alınmadığında Kar</b>	110.18	109.8
<b>Yeniden Sipariş Noktası (<math>z</math>)</b>	255	256.5

Tablo 9 ve Tablo 10 incelendiğinde, talebin normal dağıldığı varsayımı altında kurulan simülasyon modellerinin sonuçlarının analitik model sonuçları ile çok yakın olduğu gözlenmektedir. Bu durum kurulan simülasyon modellerinin doğruluğunu ve geçerliliği göstermektedir.

Çalışmanın ilerleyen kısmında ise tüm verilerin aynı kaldığı fakat talep verisinin poisson ve düzgün dağıldığı varsayılp simülasyon modelleri tekrar çalıştırılarak sonuçlar incelenmiştir. Model-1’ in simülasyon modelinde bulunan sipariş miktarı değerleri Model-2’ de talebin poisson ve düzgün dağıldığı simülasyon modellerinde girdi olarak kullanılmıştır. Farklı dağılımların karşılaştırması Tablo 11 ve Tablo 12’ de gösterilmiştir.

Tablo 11. Model-1'in farklı dağılımlarla simülasyon sonuçları

Model-1	Normal Dağılım	Poisson Dağılım	Düzensiz Dağılım
Talep Yapısı	NORM(300,50)	POIS(300)	UNIF(150,450)
Sipariş Miktarı ( $S^*$ )	341.3	314	384.2
Beklenen Fazlalık ( $E_f$ )	44.4	39.3	57.3
Beklenen Stoksuzluk ( $E_s$ )	6.4	0.05	20.8
Beklenen Kar	79.6	83.8	69.4
Beklenen Maliyet	68.2	66.4	71.9

Tablo 12. Model-2' nin farklı dağılımlarla simülasyon sonuçları

Model-2	Normal Dağılım	Poisson Dağılım	Düzensiz Dağılım
Talep Yapısı	NORM(300,50)	POIS(300)	UNIF(150,450)
Ek Gazete Satın Alındığında Kar	110.1	117.4	103.4
Ek Gazete Satın Alınmadığında Kar	109.8	113.8	99.8
Yeniden Sipariş Noktası ( $z$ )	256.5	261	265.4

Tablo 11 ve Tablo 12 incelendiğinde, Model-2' de talebin farklı dağıldığı simülasyon modellerinde yeniden sipariş noktası değerlerinin birbirine yakın çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durumda talebin farklı dağılımlarının yeniden sipariş miktarı değerlerini büyük ölçüde değiştirmedeği söylenebilir.

Gelecek çalışmalarda, geliştirilen simülasyon modellerine kısıtlar eklenerek çözümlenmesi planlanmaktadır. Örnek olarak, stoksuzluk miktarı ya da stoksuzluk oranının belirli bir düzeyde olması gerekliliği modele eklenerek çözüme gidilebilir. Ayrıca, çok dönemli stokastik envanter problemlerine yönelik simülasyonla optimizasyon çalışmalarının yapılması planlanmaktadır.

## KAYNAKÇA

1. Küçük, O., 2018. Stok Yönetim Ampirik Bir Yaklaşım. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 344 s.
2. Kobu, B., 2006. Üretim Yönetimi, Beta Basım Yayın. İstanbul, 639 s.
3. Yılmaz, Ö. F., 2012. Bekleyen Sipariş Durumunda Sürekli Gözden Geçirmeye Dayalı Olasılıklı (R, Q) Stok Kontrol Modeli Ve Depo Yapısı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 77 s.
4. Tanyaş, M., Baskak, M., 2019. Üretim Planlama Ve Kontrol. İrfan Yayıncılık, İstanbul, 432 s.
5. Doğar, A., 2006. Tedarik Zincirinde Stok Yönetimi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 147 s.
6. Çekiç, B., 2012. Çok Aşamalı Stok Kontrol Yönetimi İçin Bir Stokastik Programlama Yaklaşımı. Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 98 s.
7. Nahmias, S., & Olsen, T. L., 2015. Production And Operations Analysis. Waveland Press, United States of America, 820 s.
8. Harris, F.W., 1913. How Many Parts to Make at Once. Factory The Magazine of Management, 10, 135–136.
9. Clark A.J., Scarf H., 1960. Optimal Policies for a Multi-Echelon Inventory Problem, Management Science, 5(4), 475-490.
10. Ding, S., 2013. Uncertain Multi-Product Newsboy Problem With Chance Constraint. Applied Mathematics And Computation, 223, 139-146.
11. Hadley G., Whitin T.M., 1963. Analysis of Inventory Systems. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
12. Sulak H., Eroğlu A., 2009. Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı Modellerinde Yeni Açılımlar. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(3), 383-406.
13. Silver, E. A., 2008. Inventory Management: An Overview, Canadian Publications, Practical Applications And Suggestions For Future Research. INFOR: Information Systems and Operational Research, 46(1), 15-27.

14. Jackson, I., Tolujevs, J., & Kegenbekov, Z., 2020. Review Of Inventory Control Models: A Classification Based On Methods Of Obtaining Optimal Control Parameters. *Transport And Telecommunication Journal*, 21(3), 191-202.
15. Galliher, H. P., Morse, P. M., & Simond, M., 1959. Dynamics Of Two Classes Of Continuous-Review Inventory Systems. *Operations Research*, 7(3), 362-384.
16. Carson, Y., & Maria, A., 1997. Simulation optimization: methods and applications, pp. 118-126. In *Proceedings Of The 29th Conference On Winter Simulation*.
17. Ersöz, F., 2021. *Benzetim Ve Modelleme*. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 380 s.
18. Çekici, V. (2024). Müşteri Şikayet Değerlendirme Süreçlerinde Kullanılacak Optimum Eleman Sayısının Tespiti İçin Simülasyon Optimizasyonu Yaklaşımı. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(3), 1074-1095.
19. Fu, M. C., 2002. Optimization for simulation: Theory vs. practice. *INFORMS Journal on Computing*, 14(3), 192-215.
20. Shao, Z., & Ji, X., 2006. Fuzzy multi-product constraint newsboy problem. *Applied Mathematics and Computation*, 180(1), 7-15.
21. Das, B., & Maiti, M., 2007. An application of bi-level newsboy problem in two substitutable items under capital cost. *Applied Mathematics and Computation*, 190(1), 410-422.
22. Hosseini, S. V., Moghadasi, H., Noori, A. H., & Royani, M. B., 2009. Newsboy problem with two objectives, fuzzy costs and total discount strategy. *Journal of Applied Sciences*, 9(10), 1880-1888.
23. Taleizadeh, A. A., & Akhavan, N. S. T., 2009. A hybrid meta-heuristic method to optimize bi-objective single period newsboy problem with fuzzy cost and incremental discount. *Journal of Industrial Engineering* 3, 1-13.
24. Karahan, M., & Aslan, Ş., 2016. Bir Çimento Fabrikasında Hammadde Stok Kontrolü Uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(3).
25. Kasap, N., Biçer, İ., & Özkaya, B., 2010. Stokastik envanter model kullanılarak iş makinelerinin onarımında kullanılan kritik yedek parçalar için envanter yönetim sistemi oluşturulması. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 39(2), 310-334.

26. Zhang, G., 2010. The multi-product newsboy problem with supplier quantity discounts and a budget constraint. *European Journal of Operational Research*, 206(2), 350-360.
27. Zhao, X., Qiu, M., Xie, J., & He, Q., 2012. Computing (r, Q) policy for an inventory system with limited sharable resource. *Computers & Operations Research*, 39(10), 2368-2379.
28. Wang, L., Fu, Q. L., & Zeng, Y. R., 2012. Continuous review inventory models with a mixture of backorders and lost sales under fuzzy demand and different decision situations. *Expert Systems with Applications*, 39(4), 4181-4189.
29. Helber, S., Sahling, F., & Schimmelpfeng, K., 2013. Dynamic capacitated lot sizing with random demand and dynamic safety stocks. *OR spectrum*, 35, 75-105.
30. Mousavi, S. M., Hajipour, V., Niaki, S. T. A., & Alikar, N., 2013. Optimizing multi-item multi-period inventory control system with discounted cash flow and inflation: two calibrated meta-heuristic algorithms. *Applied mathematical modelling*, 37(4), 2241-2256.
31. Çekiç, B., 2015. Tedarik Zincirlerinde Durağan Olmayan Talep Altında Çok Kademeli Stok Kontrol Yönetimi İçin Bir Stokastik Programlama Yaklaşımı. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(1), 44-77.
32. Sadeghi, J., Mousavi, S. M., & Niaki, S. T. A., 2016. Optimizing an inventory model with fuzzy demand, backordering, and discount using a hybrid imperialist competitive algorithm. *Applied Mathematical Modelling*, 40(15-16), 7318-7335.
33. Pasandideh, S. H. R., Niaki, S. T. A., & Keshavarzi, A. A., 2017. A two-echelon single-period inventory control problem with market strategies and customer satisfaction. *Journal of Uncertain Systems*, 11(1), 18-34.
34. Doğan, İ., Tekkeşin, A., & Kara, A., 2017. Kısa ömürlü ürünlerin tedarik zincirinin modellenmesi ve simülasyon çalışması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 605-618.
35. Dinçer, S. E., Karakaş, K. S., & Emre, E. K. İ. N., 2018. Stokastik Envanter Yönetimi Problemlerinin Çözümünde Simülasyon Yaklaşımı. *Ekonometride Güncel Konular*, 81.

36. Alsolami, F. J., 2020. Measuring the Performance of inventory management system using arena simulator. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(6).
37. Polotski, V., Gharbi, A., & Kenne, J. P., 2021. Production control of unreliable manufacturing systems with perishable inventory. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 116, 2473-2496.
38. Zhang, Y., & Chen, H. W., 2022. A min-max policy for multi-item joint inventory replenishment problem: Application to industrial vending machines. *Computers & Industrial Engineering*, 172, 108633.
39. Liu, Y. Y., Chang, K. H., & Chen, Y. Y., 2023. Simultaneous predictive maintenance and inventory policy in a continuously monitoring system using simulation optimization. *Computers & Operations Research*, 153, 106146.
40. Ghafour, K., 2024. Multi-objective continuous review inventory policy using MOPSO and TOPSIS methods. *Computers & Operations Research*, 163, 106512.
41. Utku, D. H., 2023. An Application of an (R, S) Inventory Management Model for a Construction Materials Manufacturing Company by Using Simulation. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 557-567.
42. Eltawil, A. B., & Elnagar, G. R., 2007. Simulation optimization of an (s, s) inventory control system with random demand sizes, demand arrivals, and lead times. In *37th International Conference on Computers and Industrial Engineering* (pp. 2420-2432).
43. Dosdoğru, A. T., İpek, A. B., Göçken, M., & Göçken, T., 2020. Simulation optimization approach to periodic review inventory control system with backorders. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 29(1), 200-212.
44. Sridhar, P., Vishnu, C. R., & Sridharan, R., 2021. Simulation of inventory management systems in retail stores: A case study. *Materials Today: Proceedings*, 47, 5130-5134.
45. Kouki, C., Sahin, E., Jemai, Z., & Dallery, Y., 2009. Consideration of the Undershoot in an (r, Q) Inventory Model for Perishables. *IFAC Proceedings Volumes*, 42(4), 1573-1578.

46. Gioia, D. G., Felizardo, L. K., & Brandimarte, P., 2023. Simulation-based inventory management of perishable products via linear discrete choice models. *Computers & Operations Research*, 157, 106270.
47. Patil, K., Jin, K., & Li, H., 2011. Arena simulation model for multi echelon inventory system in supply chain management. In 2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (pp. 1214-1217). IEEE.
48. Nahmias, S., & Cheng, Y., 2009. *Production and operations analysis (Vol. 6)*. New York: McGraw-hill.
49. Behret, H., 2011. *Üretim Sistemlerinde Bulanık Tek Dönemli Stok Kontrol Modelleri*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 192 s.
50. Çekici, V., 2024. *Simülasyon Ve Matematiksel Model Yaklaşımları İle Müşteri Şikayetlerini Çözme Süresi Ve Maliyetinin Araştırılması*. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(2), 426-446.
51. Aslantaş, M. (2019). *Bir transformatör firmasında stok kontrol parametrelerinin simülasyon tabanlı optimizasyonu*. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, 112 s.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı:** Tutku Kılınç Erarslan

**Uyruğu:** Türkiye (T.C)

**Doğum Tarihi ve Yeri:**

**Medeni Durum:**

**e-mail:**

**Yazışma Adresi:**

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği	Yıl
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği	2020
Lise	Nuh Mehmet Baldöktü Anadolu Lisesi, Kayseri	2015

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2024-Halen	Erciyes Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Araştırma Görevlisi	-
2022-2024	Yataş Grup, Üretim Planlama Mühendisi	1 yıl 3 ay
2021-2022	Dener Makine, Planlama Uzman Yardımcısı	1 yıl 2 ay

### YABANCI DİL

İngilizce

### BİLDİRİLER

1. Torun, H., Kılınç Erarslan, T., 2024. Tek Dönemli Stokastik Envanter Kontrol Problemine Yönelik Simülasyon İle Optimizasyon Yaklaşımı, Sivas International Conference On Scientific And Innovation Research-III, Sivas, Türkiye.