

**YÜKSEK TEKNOLOJİ ÜRÜNLERİNİN TALEP TAHMİNİ
VE ENVANTER PLANLAMASI İÇİN ENTEGRE BİR
YAKLAŞIM: GÜVENLİK KAMERALARI İÇİN
UYGULAMA ÇALIŞMASI**

**AN INTEGRATED APPROACH FOR DEMAND
FORECASTING AND INVENTORY PLANNING OF
HIGHLY TECHNOLOGICAL PRODUCTS:
IMPLEMENTATION STUDY FOR SECURITY CAMERAS**

İZEL ÖRK

DR. ÖĞR. ÜYESİ BANU YÜKSEL ÖZKAYA

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

ÖZET

YÜKSEK TEKNOLOJİ ÜRÜNLERİNİN TALEP TAHMİNİ VE ENVANTER PLANLAMASI İÇİN ENTEGRE BİR YAKLAŞIM: GÜVENLİK KAMERALARI İÇİN UYGULAMA ÇALIŞMASI

İZEL ÖRK

Yüksek Lisans, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: DR. ÖĞR. ÜYESİ BANU YÜKSEL ÖZKAYA

Mayıs 2024, 104 sayfa

Stok yönetimi firmaların üretim ve tedarik süreçlerindeki önemli aşamalardan bir tanesi olmasına karşın bazı durumlarda ikinci planda kalabilmektedir. Tez kapsamında, birinci önceliği müşteri isteklerini karşılamak olan bir kurumda stok yönetimi alanında iyileştirme yapmak amaçlanmıştır. Bunu yapabilmek için kurumun en çok rağbet gören ürünlerinden olan güvenlik kameralarına gelen talepler incelenmiş, bu taleplerin tahmin yöntemindeki gelişime açık noktalar araştırılmıştır. Kurumda ürün satışları projelere bağlı olarak yürütülmekte ve güvenlik kameraları satışı yapılan entegre sistemin kritik bir bileşeni olarak yerini almaktadır. Tahminler buna bağlı olarak proje yönetim ekiplerince yapılmakta ve yıl içerisinde çeşitli nedenlerle güncellenebilmektedir. Öngörülemeyen proje artış ya da azalışları, kameraların kurulacağı sahanın durumu sebebiyle satışların planlanandan erken ya da geç gerçekleşmesi nedenleriyle net bir tahminleme yapmak mümkün olamamaktadır. Taleplerin miktar ve sıklığı belirtilen sebeplerle değişkenlik gösterdiğinden klasik talep tahmin yöntemleri ile tahmin yürütmeye uygun olmadığı belirlenmiş, aralıklı talep tahmin

yöntemlerinin kullanılmasının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle çeşitli aralıklı talep tahmin yöntemleri kullanılarak son iki yıl için yıllık toplam satış miktarı tahmin edilmiştir. Tahminler için projelerde en çok tercih edilen üç kamera tipi kullanılmıştır. Sonuçlar proje ekiplerince yıl başlangıcında yapılan tahminlerle karşılaştırılmıştır.

Tezin ikinci kısmında, talep tahmini yapılan bir kamera tipine yönelik envanter planı oluşturulmuştur. İlgili kamera için, en az hata oranına sahip olan aralıklı talep tahmin yönteminin tahmin ettiği satış miktarı kullanılmış, daha önceki yıllardaki gerçekleşme oranlarına göre çeyreklere paylaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar proje ekiplerince yapılan planlarla karşılaştırılmıştır. Bahsi geçen talep tahmin ve envanter planlama yaklaşımları ile daha etkin bir stok yönetimi yapılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Stok Yönetimi, Talep Tahmini, Envanter Planı, Aralıklı Talep Tahmini, Güvenlik Kamerası.

ABSTRACT

AN INTEGRATED APPROACH FOR DEMAND FORECASTING AND INVENTORY PLANNING OF HIGHLY TECHNOLOGICAL PRODUCTS: IMPLEMENTATION STUDY FOR SECURITY CAMERAS

İZEL ÖRK

Master`s Degree, Department of Industrial Engineering

Supervisor: Assist. Prof. BANU YÜKSEL ÖZKAYA

May 2024, 104 pages

Stock management is one of the important stages in the production and supply processes of companies. However, it can remain in the background in some cases. Within the scope of the thesis, it is aimed to make improvements on stock management in an institution whose first priority is to meet customer demands. In order to do this, the demands for security cameras, one of the most popular products of the institution, were examined and the areas open to improvement in the forecasting method of these demands were investigated. Sales in the institution are carried out according to projects, and security cameras take their place as a critical component of the integrated system sold. Estimates are accordingly made by project management teams and may be updated throughout the year for various reasons. It is not possible to make a clear forecast due to unforeseen project increases or decreases, sales occurring earlier or later than planned due to the condition of the field where the cameras will be installed. Since the amount and frequency of demands vary for the reasons stated, it has been determined that classical demand forecasting methods are not suitable for forecasting, and it has been concluded that it would be more appropriate to use intermittent demand forecasting methods. For this reason, the annual total sales amount was estimated

for the last two years by using various intermittent demand forecasting methods. The three most preferred camera types in the projects were used for estimations. The results were compared with the predictions made by the project teams at the beginning of the year.

In the second part of the thesis, an inventory plan was created for a camera type for which demand was estimated. For the relevant camera, the sales amount estimated by the intermittent demand forecasting method, which has the least error rate, was used and was divided into quarters according to the realization rates in previous years. The results obtained were compared with the plans made by the project teams. It has been concluded that more effective stock management can be achieved with the mentioned demand forecasting and inventory planning approaches.

Keywords: Stock Management, Demand Forecasting, Inventory Planning, Intermittent Demand Forecasting, Security Cameras.

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitim hayatım ve tez dönemim boyunca ilgisi, anlayışı, desteği ve çalışmama yaptığı değerli katkılar için danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Banu YÜKSEL ÖZKAYA'ya, bu süre zarfında benden anlayış ve desteğini esirgemeyen değerli yöneticilerim ve çalışma arkadaşlarıma, tez çalışmamda kullandığım verileri elde etmemde yardımcı olan ve kıymetli yorumlarıyla çalışmamı geliştirmemi sağlayan ASELSAN ilgili proje yönetim ve üretim planlama ekiplerine, lisansüstü eğitimim sırasında tanıştığım ve bu süreçte bana moral, motivasyon ve bilgi paylaşımı anlamında destek olan arkadaşlarım Neslihan GÜDEK, Elif Şebnem GENCAN ve Hira Tuna ÜNLÜ'ye, her zaman beni destekleyen ve bana inanan, hayattaki en büyük şansım olan annem Nuriye ÖRK ve babam Adnan ÖRK'e sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Zaman Serileri	3
2.2. Regresyon Yöntemleri	4
2.3. Kümeleme Odaklı Uygulamalar	8
2.4. Ürün Yaşam Döngüsü (PLC) Odaklı Uygulamalar	10
2.5. Ardışık&Çoklu Nesil Ürünler.....	16
2.6. Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri	19
2.7. Envanter Yönetim Uygulamaları	23
2.8. Tezin Literatüre Katkısı	25
3. YÖNTEM	27
3.1. Klasik Üstel Düzeltme Yöntemleri.....	27
3.1.1. Basit Üstel Düzeltme.....	27
3.1.3. Üçlü Üstel Düzeltme	29
3.1.3.1. Toplamsal Model.....	29
3.1.3.2. Çarpımsal Model	29
3.2. Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri	30
3.2.1. Aralıklı Talep Kavramı ve Aralıklı Taleplerin Tahmini	30
3.2.2. Croston Yöntemi	32
3.2.3. Syntetos-Boylan Yaklaşımı.....	34
3.2.4. Shale-Boylan-Johnston Yöntemi.....	37
3.2.5. Teunter-Syntetos-Babai Yöntemi.....	38

3.3. Envanter Planlama Yöntemleri.....	41
3.3.1. Silver-Meal Yöntemi.....	41
3.3.2. En Az Birim Maliyet (LUC) Yöntemi	42
3.3.3. Talep için Parti (L4L) Yöntemi.....	42
4. PROBLEM TANIMI.....	44
4.1. Mevcut Tahminleme Süreci.....	44
4.2. Ürün Karakteristikleri.....	45
4.3. Ürün Tipleri	46
4.3.1. Tip-1 Kamera	46
4.3.2. Tip-2 Kamera	47
4.3.3. Tip-3 Kamera	47
5. UYGULAMA.....	48
5.1. Talep Tahmin Uygulamaları.....	48
5.1.1. Zaman Serisi ile Talep Tahmin Uygulamaları	49
5.1.2. Proje Bazlı Talep Tahmin Uygulamaları	49
5.1.2.1. Sözleşme Verileri ile Regresyon Analizi	49
5.1.2.2. İkili Üstel Düzeltme	50
5.1.2.3. Üçlü Üstel Düzeltme	52
5.1.2.4. Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri.....	52
5.1.3. Tip-1 Kameraya Yönelik Talep Tahmin Uygulamaları	53
5.1.3.1. Aylar ile Satış Verisi İlişkisi	55
5.1.3.2. Aylar ile Satış Verisi İlişkisinin Mevsimsel Olarak Ele Alınması.....	57
5.1.3.3. İkili Üstel Düzeltme	58
5.1.3.4. Üçlü Üstel Düzeltme	59
5.1.3.5. Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri.....	60
5.1.4. Tip-2 Kameraya Yönelik Talep Tahmin Uygulamaları	61
5.1.4.1. Aylar ile Satış Verisi İlişkisi	62
5.1.4.2. Aylar ile Satış Verisi İlişkisinin Mevsimsel Olarak Ele Alınması.....	63
5.1.4.3. İkili Üstel Düzeltme	64
5.1.4.4. Üçlü Üstel Düzeltme	65
5.1.4.5. Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri.....	65
5.1.5. Tip-3 Kameraya Yönelik Talep Tahmin Uygulamaları	67
5.1.5.1. Aylar ile Satış Verisi İlişkisi	68

5.1.5.2.	Aylar ile Satış Verisi İlişkisinin Mevsimsel Olarak Ele Alınması.....	68
5.1.5.3.	İkili Üstel Düzeltme	69
5.1.5.4.	Üçlü Üstel Düzeltme	70
5.1.5.5.	Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri.....	70
5.1.6.	2023 Yılı Talep Tahmin Sonuçları.....	71
5.1.7.	Tartışma.....	72
5.2.	Envanter Yönetim Uygulamaları	73
5.2.1.	Silver-Meal Uygulaması	74
5.2.1.1.	Senaryo-1: A/h=1	74
5.2.1.2.	Senaryo-2: A/h=10	77
5.2.1.3.	Senaryo-3: A/h=20	78
5.2.1.4.	Senaryo-4: A/h=50	80
5.2.1.5.	Senaryo-5: A/h=100	81
5.2.2.	LUC Uygulaması.....	84
5.2.2.1.	Senaryo-1: A/h=1	84
5.2.2.2.	Senaryo-2: A/h=10	86
5.2.2.3.	Senaryo-3: A/h=20	88
5.2.2.4.	Senaryo-4: A/h=50	89
5.2.2.5.	Senaryo-5: A/h=100	91
5.2.3.	L4L Uygulaması.....	93
5.2.4.	Tartışma.....	94
6.	SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	95
7.	KAYNAKÇA	99
8.	ÖZGEÇMİŞ.....	Error! Bookmark not defined.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. SBA'ya göre Uygulama Sınır Değerleri	35
Şekil 2. Tez Uygulaması Özet Akış Şeması	48
Şekil 3. Pilot Projedeki Tip-1 Kamera Regresyon Sonuçları	49
Şekil 4. Pilot Projedeki Tip-2 Kamera Regresyon Sonuçları	50
Şekil 5. Pilot Projedeki Tip-3 Kamera Regresyon Sonuçları	50
Şekil 6. Pilot Projedeki Tip-1 Kamera DES Sonuçları.....	51
Şekil 7. Pilot Projedeki Tip-2 Kamera DES Sonuçları.....	51
Şekil 8. Pilot Projedeki Tip-3 Kamera DES Sonuçları.....	52
Şekil 9. Tip-1 Kamera Talep Histogramı	54
Şekil 10. Tip-1 Kameranın Aylık Satış Verisi.....	54
Şekil 11. Tip-1 Kamera 74 Aylık Regresyon Sonuçları	55
Şekil 12. Tip-1 Kamera 74 Aylık Regresyon Grafiği.....	55
Şekil 13. Tip-1 Kamera 62 Aylık Regresyon Sonuçları	56
Şekil 14. Tip-1 Kamera 62 Aylık Regresyon Grafiği.....	56
Şekil 15. Tip-1 Kamera 74 Aylık Mevsimsel Regresyon Denklemi	57
Şekil 16. Tip-1 Kamera 74 Aylık Mevsimsel Regresyon Sonuçları	57
Şekil 17. Tip-1 Kamera 62 Aylık Mevsimsel Regresyon Denklemi	58
Şekil 18. Tip-1 Kamera 62 Aylık Mevsimsel Regresyon Sonuçları	58
Şekil 19. Tip-1 Kamera Taleplerinin DES Yöntemi ile Tahmin Edilmesi.....	59
Şekil 20. Tip-1 Kamera Taleplerinin Winters Yöntemi ile Tahmin Edilmesi	60
Şekil 21. Tip-2 Kamera Talep Histogramı	62
Şekil 22. Tip-2 Kameranın Aylık Satış Verisi.....	62
Şekil 23. Tip-2 Kamera Regresyon Sonuçları	63
Şekil 24. Tip-2 Kamera Mevsimsel Regresyon Eşitliği	63
Şekil 25. Tip-2 Kamera Mevsimsel Regresyon Sonuçları	64
Şekil 26. Tip-2 Kamera Taleplerinin DES Yöntemi ile Tahmin Edilmesi.....	64
Şekil 27. Tip-2 Kamera Taleplerinin Winters Yöntemi ile Tahmin Edilmesi	65
Şekil 28. Tip-3 Kamera Talep Histogramı	67
Şekil 29. Tip-3 Kameranın Aylık Satış Verisi.....	67
Şekil 30. Tip-3 Kamera Regresyon Sonuçları	68
Şekil 31. Tip-3 Kamera Mevsimsel Regresyon Eşitliği	68
Şekil 32. Tip-3 Kamera Mevsimsel Regresyon Sonuçları	69

Şekil 33. Tip-3 Kamera Taleplerinin DES Yöntemi ile Tahmin Edilmesi.....	69
Şekil 34. Tip-3 Kamera Taleplerinin Winters Yöntemi ile Tahmin Edilmesi	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 1. Klasik Talep Gösterimi	30
Tablo 2. Aralıklı Talep Gösterimi	30
Tablo 3. Aralıklı Talep Gösterim Sembolleri	31
Tablo 4. Croston Talep Tahmin Örneği	33
Tablo 5. SBA Talep Tahmin Örneği	37
Tablo 6. SBJ Talep Tahmin Örneği	38
Tablo 7. TSB Talep Tahmin Örneği	39
Tablo 8. Pilot Proje CV ² ve ADI Değerleri	52
Tablo 9. Pilot Proje Tahmin Sonuçları	53
Tablo 10. Tip-1 Kamera CV ² ve ADI Değerleri	60
Tablo 11. Tip-1 Kamera Z ve T Değerleri Korelasyon Sonuçları	61
Tablo 12. Tip-1 Kamera Tahmin Sonuçları	61
Tablo 13. Tip-2 Kamera CV ² ve ADI Değerleri	65
Tablo 14. Tip-2 Kamera Z ve T Değerleri Korelasyon Sonuçları	66
Tablo 15. Tip-2 Kamera Tahmin Sonuçları	66
Tablo 16. Tip-2 Kamera Yıllara Göre CV ² Değerleri	66
Tablo 17. Tip-3 Kamera CV ² ve ADI Değerleri	70
Tablo 18. Tip-3 Kamera Z ve T Değerleri Korelasyon Sonuçları	71
Tablo 19. Tip-3 Kamera Tahmin Sonuçları	71
Tablo 20. 2023 Yılı Kameralara ait Talep Tahmin Sonuçları	72
Tablo 21. 2023 Tip-1 Kamera Aralıklı Talep Tahmin Değerlerine Yönelik Çeyrek Bazında MAPE Hesaplaması	73
Tablo 22. Envanter Planlamasında Kullanılan Sayılar	74
Tablo 23. Silver Meal Senaryo 1: A/h=1 Envanter Planlama Sonuçları	76
Tablo 24. Silver Meal Senaryo 2: A/h=10 Envanter Planlama Sonuçları	78
Tablo 25. Silver Meal Senaryo 3: A/h=20 Envanter Planlama Sonuçları	80
Tablo 26. Silver Meal Senaryo 4: A/h=50 Envanter Planlama Sonuçları	81
Tablo 27. Silver Meal Senaryo 5: A/h=100 Envanter Planlama Sonuçları	83
Tablo 28. Silver-Meal Yöntemi Özet Tablosu	83
Tablo 29. LUC Senaryo 1: A/h=1 Envanter Planlama Sonuçları	85
Tablo 30. LUC Senaryo 2: A/h=10 Envanter Planlama Sonuçları	87
Tablo 31. LUC Senaryo 3: A/h=20 Envanter Planlama Sonuçları	89

Tablo 32. LUC Senaryo 4: A/h=50 Envanter Planlama Sonuçları.....	90
Tablo 33. LUC Senaryo 5: A/h=100 Envanter Planlama Sonuçları.....	92
Tablo 34. LUC Yöntemi Özet Tablosu	92
Tablo 35. L4L Envanter Planlama Sonuçları	93

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

α, β, γ	düzeltilme katsayıları ($0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1$)
λ_t	t periyodundaki trend
A	kurulum maliyeti
c	ceza maliyeti
D(T)	T periyodundaki stok miktarı
h	stok tutma maliyeti
E(X)	ortalama X değeri
L_t	t periyodundaki mevsimsellik
p'_t	t periyodunda talep gelmesine yönelik tahmin edilen olasılık
p_t	t periyodunda talep gelme olasılığı
s	bir yıl içerisindeki sezon sayısı (ay, mevsim vb.)
T, t	periyot göstergeleri
TPCU(T)	T periyodundaki birim başına düşen toplam maliyet
TRC(T)	T periyodundaki toplam yenileme maliyeti
TRCUT(T)	T periyodundaki birim yenileme maliyeti
T'_t	t periyodundaki ortalama talep gelme süresi tahmini
T_t	t periyodundaki talep aralığı
Y'_t	t periyodundaki ortalama talep gerçekleşme tahmini
Y_t	t periyodundaki talep gerçekleşmesi
Z'_t	t periyodundaki ortalama talep büyüklük tahmini
Z_t	t periyodundaki talep büyüklüğü

Kısaltmalar

ABC	Yapay Arı Kolonisi
ABC-s	ABC Sınıflandırma
ADI	Talepler Arasındaki Aralık Ortalaması
AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
AIC	Akaike Bilgi Kriteri

AIS	Yapay Bağıklık Sistemi
ANN	Yapay Sinir Ağları
ANOVA	Varyans Analizi
AR	Otoregresif
ARIMA	Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama
ARIMAX	Mevsimsel Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama
ARMA	Otoregresif Hareketli Ortalama
BIC	Bayes Bilgi Kriteri
CAAM	Çin Otomobil Üreticileri Birliği
CART	Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı
CRAF	Müşteri İhtiyaç Analiz ve Tahmini
CV ²	Varyasyon Katsayısının Karesi
DES	İkili Üstel Düzeltme
DESSN	Mevsimsel Olmayan
DWT	Ayrık Dalgacık Dönüşümleri
EA	Evrimsel Algoritma
EMS	Elektronik İmalat Sistemleri
FCM	Bulanık C-Ortalama Sınıflandırma
FDA	Fonksiyonel Veri Analizi
FIS	Bulanık Çıkarsama Sistemi
FMLE	Bulanık En Büyük Olabilirlik Kestirimi
FTDNN	Odaklı Zaman Gecikmesi Sinir Ağı
FPCA	Fonksiyonel Temel Birleşme Analizi
FSTS	Bulanık Kısa Zaman Serileri
GA	Genetik Algoritma
GHSOM	Büyüyen Hiyerarşik ve Kendi Kendine Organize Harita
GMAMSE/A	Ortalama Hata Kareköklerinin Geometrik Ortalaması
GPR	Gaussian Süreç Regresyonu
ICA	Bağımsız Bileşen Analizi
JP	Jun ve Park, 1999
KH1998	Kurawarwala ve Matsuo, 1998
k-NN	k-En Yakın Komşu Regresyonu
L4L	Talep için Parti Yöntemi

LS	Leven ve Segerstedt Yöntemi
LSTM	Uzun Kısa Dönem Hafızası
LUC	En Az Birim Maliyet Yöntemi
M-SBA	Modifiye Edilmiş SBA
MA	Hareketli Ortalama
MAD	Ortalama Mutlak Fark
MAE	Ortalama Mutlak Hata
MAPE	Ortalama Mutlak Yüzdesele Hata
MCMC	Markov Zinciri Monte Carlo
MGPD	Çoklu Nesil Ürün Difüzyonu
MLR	Çoklu Lineer Regresyon
MM	Mahajan ve Muller, 1996
MSE	Ortalama Karesel Hata
NAR	Lineer Olmayan Otoregresif Sinir Ağı
NB	Norton ve Bass, 1987
PE	Yüzdesele Hata
PF	Polinom Uyumlama
Plan_Ürt	Proje Yönetim Ekiplerince Yapılan İlk Üretim Tahmini
PLC	Ürün Yaşam Döngüsü Eğrisi
RBFNN	Radyal Temel Fonksiyonlu Sinir Ağı
Reg1	Pilot Proje Sözleşme Verileri ile Yapılan Regresyon Analizi
Reg2	İlgili Kamera Tipi için Aylar ile Satış Verilerinin Regresyon Analizi
Reg3	İlgili Kamera Tipi için Aylar ile Satış Verilerinin Mevsimsel Regresyon Analizi
RMSE	Ortalama Karesel Hataların Karekökü
RNN	Tekrarlı Sinir Ağları
SBA	Syntetos Boylan Yaklaşımı
SBJ	Shale Boylan Johnston Yaklaşımı
SES	Basit Üstel Düzeltme
SSE	Karesel Hataların Toplamı
SVM	Destek Vektör Makinesi
SVR	Destekleyici Vektör Regresyonu
TIC	Theil Eşitsizlik Katsayısı

TOPSIS	İdeal Sonuç Benzerliği Tercihine göre Sınıflandırma Tekniği
TSB	Teunter Syntetos Babai Yöntemi
WT	Dalgacık Teorisi
QX	X. eyrek (X=1, 2, 3, 4)

1. GİRİŞ

Stok yönetimi, stoktaki ürün miktarının ne olması gerektiği ve yeni ürünler için siparişlerin ne zaman verilmesi gerektiği konularında karar vermeye yardımcı olan bilimsel ve teknik bir disiplindir. Belirli bir zamanda kullanılmayan tüm malzemeler stok olarak adlandırılır. Üretim yapan firmalarda stoklar büyük çoğunlukla üretim için ihtiyaç duyulan malzemelerden oluşur. Stok eksikliği, üretimin durmasına veya bitmiş ürünlerin müşteriye zamanında teslim edilememesine neden olur. Fazla stok ise belli bir güvence sağlar fakat aynı zamanda depolama maliyeti gibi önemli giderlere de sebebiyet verir (Saric v.d., 2014).

Kısa bir ürün yaşam döngüsüne sahip olan ürünler kısa bir zaman için talep görür ve sonrasında piyasadan kalkar. Bu tür ürünlere örnek olarak moda ürünleri ve yüksek teknoloji ürünleri verilebilir (Triana, 2012). Geleneksel tahmin yöntemleri kısa ürün yaşam döngüsüne sahip ürünlerde uygulanabilir olmamaktadır. Bunun başlıca sebepleri uzun tedarik süreleri, ilk talep tahminlerindeki veri yetersizliği, ve mevsimsellikdir (Yin v.d., 2020). Durağan olmayan talep tahmini örüntüsü taleplerde dalgalanmaya sebep olmaktadır. Bu durum talep tahmini ve stok yönetimini zorlaştırmaktadır (Zhu ve Thonemann, 2004).

Klasik talep tahmin yöntemleri ile yukarıda bahsedilen etkenler giderilip başarılı sonuçlar alınabilse de başarılı sonuçlar taleplerin düzenli ve devamlı olmasıyla doğru orantılıdır. Bir ürün için düzenli olarak talep alınmıyor, yani alınan talebin periyodu değişkenlik gösteriyorsa; düzenli olarak talep alınsa da alınan talep miktarı değişkenlik gösteriyorsa; ya da her iki durum birden yaşanıyorsa talep tahmininde başarılı sonuç alınmamaktadır. Talep tahmininde başarısız olunması, müşteri memnuniyetini sekteye uğrattığından, kurumlar için oldukça zorlayıcı sonuçlar doğurabilmektedir (Saatçioğlu ve Özçakar, 2016).

Düzenli ve/veya devamlı talep görmeyen ürünlerde aralıklı talep tahmin yöntemleriyle daha başarılı şekilde talep öngörüsünde bulunulabilmektedir. Aralıklı talep tahmin yöntemleri yedek parça tahminlemede ya da tedarik zincirindeki her bir aşamada yer alan üründe kullanılabilir. Toplam stok değerinin %60'a kadar olan kısmını oluşturabilen bu ürünler havacılık, askeriye, bilişim ve otomotiv gibi yüksek teknoloji içeren sektörlerde karşımıza çıkabilmektedir (Babai v.d., 2019).

Tez kapsamında yukarıda bahsedilen unsurları bünyesinde bulunduran bir çalışma alanında; yüksek rağbet gören, fakat taleplerin sıklığı ve periyodunun belirsiz olarak

nitelendirilebileceği güvenlik kameraları için talep tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Talep tahmini yapılan veriler doğrudan kuruma ilişkin satış verisidir, bunun sebebi kurum tarafından öngörülen talep ile gerçekleşmelerin önemli farklar gösterebilmesidir. Bu farkların, sözleşme imzalanarak yapılan satışlara rağmen ortaya çıkıyor olması durumu daha karışık bir hale getirmektedir.

Kurum, kritik müşterilerle çalışan ve ihtiyacı mümkün olduğunca hızlı gidermesi gereken bir durumdadır. Bu nedenle satışların sözleşme imzaları ile yapılmasına rağmen, sene içerisindeki öngörülemeyen sözleşme artışı ya da teslimat takvim değişiklikleri talep tahmininde problem yaşanmasının ilk sebebidir. Diğer bir neden ise güvenlik kameralarının kendi niteliğidir. Talep tahmin yöntemlerinde genelde kendi başına çalışan, bağımsız ürün/sistemlerin talep tahmini yapılmıştır. Güvenlik kameralarına bakıldığında ise, bir alanın güvenliğinin sağlanabilmesi için birçok farklı ürün/sistemle entegre olarak çalışması, bunun için de kurulum yapılan sahanın proje takvimine uygun durumda bulunması önemlidir. Aksi halde kameraların varlığı bir anlam taşımayacağından sözleşmelerde bu doğrultuda değişiklikler olabilmektedir. Sıralanan tüm durumlar kurumun kendi ürünü olan güvenlik kameralarının talep tahminini zorlaştırmaktadır.

Tez çalışmasının 2. bölümünde bahsi geçen yöntemlerle alakalı literatür çalışmalarına yer verilecek ve tezin literatüre katkısı açıklanacaktır. 3. bölümde tez kapsamında kullanılan yöntemlere değinilecektir. 4. bölümde problem ve veri seti tanımlanacak, 5. bölümde ise bahsedilen yöntem, problem ve veriler ile yapılan uygulama çalışmasına yer verilecektir. Sonuçlar ve değerlendirmeler ise 6. bölümde paylaşılacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Başarılı bir stok yönetimi için ilk talep anından satışın gerçekleştiği zamana kadar her aşamada iyileştirme yapılabilir. Bu tez kapsamında satış amaçlı talepler için tahmin yöntemleri incelenerek müşteri memnuniyetinin ön planda olduğu durumlarda stok yönetiminin yapılabilmesi için uygun yöntemler bulunmaya çalışılmıştır.

2.1. Zaman Serileri

Zaman serileri; zamanla değişen verilerin geçmişteki değerleri ile birlikte bir modele konularak gelecekteki değerlerinin tahmin edilmesi esasına dayanır (Jaipura ve Mahaparata, 2014). Bu doğrultuda kullanılan yöntemlerden ilki Otoregresif (AR) Modellerdir. Otoregresif Modeller geçmiş değerlerin lineer kombinasyonundan yola çıkarak gelecek değerleri tahmin eder. Bir diğer yöntem olan Hareketli Ortalama (MA) geçmiş tahmin hatalarından yola çıkarak gelecek dönemlerin değerlerini tahmin etmeyi sağlar. AR ve MA modellerinin birlikte kullanılmasıyla Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli (ARMA) oluşur. ARMA modeli veri setinin durağan olduğunu varsayar (Anggraeni v.d., 2015).

Uygulamada karşılaşılan zaman serilerinin çoğu durağan değildir. Durağanlık trendler, mevsimsel değişkenlikler ve diğer çeşitli faktörlerden dolayı bozulabilir. Durağan olmayan zaman serilerinin modellenmesi için durağanlığı bozan faktörler belirlenip bunların yok edilmesiyle serilerin durağan hale getirilmesi Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama Modeli (ARIMA) olarak adlandırılır (Duru, 2007).

Zaman serileri en çok talep tahmini yapmak amacıyla kullanılır (Fattah v.d., 2018). Box & Jenkins adıyla da bilinen ARIMA en yaygın kullanılan tahmin yöntemlerinden biridir (Nichiforov v.d., 2017).

Anggraeni v.d. (2015) Endonezya'da Müslüman çocukların her Hicri yılbaşında kıyafet taleplerinin artması sebebiyle gelecek yılların taleplerini öngörmeye çalışmıştır. Bu doğrultuda tek değişkenli veriler ile tahmin yapan ARIMA yöntemi ile bağımsız değişkenleri içeren ARIMAX yöntemi kıyaslanmıştır. ARIMAX mevsimsel ARIMA yönteminin bir uygulamasıdır. Sonuçta ARIMAX yönteminin verileri eğitim, test ve tahmin aşamalarının hepsinde daha iyi sonuç verdiği kanısına varılmıştır.

Fattah v.d. (2018) bir gıda firmasında gelecek yıllardaki talebi zaman serilerini kullanarak tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmada Akaike, Schwarz Bayes, maksimum olabilirlik ve

standart hata olmak üzere dört farklı kriter kullanılmıştır. Otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları ile veri setinin durağan olup olmadığı tespit edilmiş ve olmadığı sonucuna varılmıştır. 72 aylık bir geçmiş talep incelemesi yapılarak gözlemlenen veri seti ile 10 aylık bir zaman zarfında talep tahmini yapılmıştır. ARIMA'nın bu tahmin için uygun bir yöntem olduğu var olan bir talep bilgisi ile doğrulanmıştır. Yeniden tahmin yapılmak istendiğinde geçmiş dönem talepleri ile modelin yeniden beslenmesi ve bunun her seferinde tekrar yapılması gerekeceği vurgulanmıştır.

Chen (2011) Çin'deki otomobil talebini tahmin edebilmek amacıyla Çin Otomobil Üreticileri Birliğinden (CAAM) alınmış veriler ile bir tahmin modeli oluşturmaktadır. Veriler Ocak 2001 ve Haziran 2011 arasındaki satışlardan gelmektedir. İlk olarak veri setinin durağanlığı test edilerek durağan olmadığı sonucuna varılmış, daha sonrasında veriler arasındaki fark değerleri hesaplanarak veri seti durağan hale getirilmiştir. Hata ölçüm yöntemlerinden Ortalama Karesel Hataların Karekökü (RMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Mutlak Yüzdese Hata (MAPE), Theil Eşitsizlik Katsayısı (TIC), yanlılık oranı, varyans oranı ve kovaryans oranı kullanılmıştır. ARIMA'nın bu çalışma için uygun yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

2.2. Regresyon Yöntemleri

Jaipura ve Mahaparata (2014) otomotiv sektörü için parça üretimi yapan bir firmada tedarik zincirinin yukarı doğru büyümesiyle ortaya çıkan kamçı etkisi ve net stok büyümesinden kurtulmak amacıyla bir talep tahmin mekanizması geliştirmiştir. Bu mekanizmada ARIMA ile Ayrık Dalgacık Dönüşümleri (DWT) ve Yapay Sinir Ağları'nın (ANN) hibrit bir uygulamasının kıyası yapılmıştır. ANN girdi ve çıktı verilerinin arasında doğrusal olmayan bir haritalama yaptığından ve durağan bir veri seti zorunluluğu bulunmadığından tercih edilen tahmin modelleri arasındadır. Veri odaklı bir model olan ANN, zamana göre veri setlerinde bilgi elde etmek için bir matematiksel araç olan Dalgacık Teorisi (WT) ile birlikte kullanılmıştır. Kıyaslama üç farklı sektörde yapılmıştır. Bunlar otomotiv, inşaat ve çelik sektörüdür. Kıyaslama yapılırken iki yöntemin Ortalama Karesel Hataları (Mean Squared Error – MSE) kullanılmıştır. Otomobil parçalarının üretildiği ilk şirketteki uygulamada MSE, kamçı etkisi ve net stok büyümesinin üçünün de DWT-ANN uygulamasında iyileşme gösterdiği gözlemlenmiştir. İnşaat sektöründeki uygulamada Ortalama Karesel Hata (MSE) ve net stok büyümesi DWT-ANN uygulamasında daha düşük olarak gözlemlenirken kamçı etkisi ARIMA uygulamasında daha iyi sonuç vermiştir. Çelik sektöründeki son uygulamada

ise yine otomotiv sektörü gibi her üç faktörde de DWT-ANN uygulaması daha iyi sonuç vermiştir.

Nichiforov v.d. (2017) elektrik tüketiminin doğru olarak planlanabilmesi amacıyla talep tahmin çalışması gerçekleştirmiştir. Bu doğrultuda ARIMA ve Lineer Olmayan Otoregresif Sınır Ağı (NAR) yöntemlerini kıyaslayarak sonuçları paylaşmıştır. Modellerin performanslarını kıyaslamak amacıyla MSE, RMSE, MAE ve MAPE değerleri kullanılmıştır. Dört hata ölçüm hesaplamasında da ARIMA NAR'a kıyasla daha düşük hata oranları vermiştir.

Lee v.d. (2014) piyasaya yeni sürülmüş ürünün gelecek dönemdeki satış tahminini yapmak amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Bass difüzyon modelinin kullanıldığı bu çalışmada modeli geliştirmek için altı farklı regresyon tekniği kullanılmıştır. Çoklu Lineer Regresyon (MLR), k-En Yakın Komşu Regresyonu (k-NN), ANN, Destekleyici Vektör Regresyonu (SVR), Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı (CART) ve Gaussian Süreç Regresyonu (GPR) olmak üzere altı regresyon tekniğinin ayrı ayrı analizi dışında tamamının kullanıldığı hibrit bir tahmin modeli de ayrıca önerilmiştir. Bass modeline ek uygulamalar önerilmesinin başlıca nedenleri tahmin edilen parametrelerin karşılaştırılacağı ölçütlerin nasıl seçileceğinin net olmaması ve geçmiş ürünlerden benzerlik kurularak yapılacak yeni ürün satış tahmininin öznel uzman yargılarıyla belirleniyor olmasıdır. Regresyon teknikleri ile verilerin ampirik ilişkileri kontrol edilmiştir. Bass modelde ürün niteliği girdi ve ürün yayılımı çıktı olmak üzere regresyon sonuçları çıkarılmıştır. Süreçte ürün yayılımı satış verilerinden, ürün niteliği ise uzman görüşlerinden faydalanılarak oluşturulmakta, bunlar üzerinden altı regresyon yöntemi için altı regresyon modeli çıkarılmaktadır. Tekil regresyon modellerinden hibrit regresyon modeli geliştirildikten sonra karşılaştırma ve doğrulama yapılarak sürecin tamamlandığı belirtilmiştir. Amerika ve Kore'de satışı gerçekleştirilen 87 elektronik ürün çeşidinin yer aldığı bir uygulama çalışması gerçekleştirilmiştir. MAE ve RMSE değerleri üzerinden kıyaslama yapılan çalışmada tekil regresyon yöntemleri arasında en başarılı sonucu MLR yöntemi vermiştir. Başarı kriteri Bass parametrelerinden (p ve q) MAE ve RMSE için mümkün olduğunca düşük farklar oluşmasıdır. Aynı şekilde hibrit regresyon yöntemi ile MLR kıyaslanarak hibrit yöntemin daha başarılı sonuç verdiği görülmüştür. Hibrit yöntemde gerçeğe oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir. Samsung'un üç boyutlu televizyonları üzerinde ikinci bir uygulama daha yapılarak model ikinci defa test edilmiştir. Burada sonuçlar çok yakın olmakla birlikte MLR hibrit modelden daha az hata ile tahmin yapmıştır.

Lu ve Wang (2010) yaşam döngüsü sürelerinin kısa olduğu bilgisayar, iletişim ve müşteri elektroniği sektörlerinde kullanılmak üzere bir talep tahmin metodu oluşturmuştur. Bu metod ile verideki gürültüyü belirlemek ve kaldırmak amacıyla Bağımsız Bileşen Analizi (ICA), verileri sınıflandırmak için Büyüyen Hiyerarşik ve Kendi Kendine Organize Harita (GHSOM) ve gelecek dönemin talep tahminini yapmak için SVR kullanılmıştır. ICA bilinmeyen kaynaklardan gelen bir verideki bağımsız kaynakları bulan istatistiksel bir tekniktir. GHSOM veri yapısını tespit eden ve gruplayan, standart sınıflandırmadan farklı bir sınıflandırma yaparak optimal çözümü bulmayı amaçlayan bir yöntemdir. SVR ise lineer olmayan verilerin istatistiksel analizi için kullanılan bir yapay sinir ağı türevidir. Bu doğrultuda bir Tayvan'da bilgisayar üreticisinin bilgisayar satışı yaptığı 38 adet bilgisayar tedarikçisinin talepleri üzerine bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu firmaların taleplerinin faaliyet alanından bağımsız olduğuna karar verilerek GHSOM ile sınıflama alternatifleri değerlendirilmiştir. 1, 6 ve 12 aylık talep tahmini denemeleri yapılan çalışmada her biri için ICA-GHSOM-SVR uygulamasının tekil SVR ve GHSOM-SVR alternatiflerinden daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Fan v.d. (2017) otomotiv endüstrisine yönelik bir talep tahmin yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntemde Bass modeli ve sentiment analizi kullanılmıştır. Sentiment analizi temel bir Bayes uygulamasıdır. Bu uygulamada her değere bir sentiment indeksi atanarak her değer için bir katsayı belirlenir. Bu katsayılar geçmiş satış verilerinin dışında kalan, uzman görüşü olan satış miktarlarından oluşturulmuş gelecek dönem satış öngörüsü modellerini nihai haline getirmek amacıyla kullanılır. Bu sayede talep tahmininin kesinliği artırılmış olur. Uzman görüşü ile belirlenmiş satış miktarları değer, hacim ve dağılımlarına göre gruplanmıştır. Bass modeli ise sentiment analizinden sonra gelecek dönemki kümülatif satış öngörüsünü hesaplamak üzerine kurulmuştur. Tahminin gerçeğe örtüşmesinin ölçütü olarak RMSE kullanılmış, modelin etkinliğini ölçmek için ise MAPE ve Yüzdesel Hata (PE) tercih edilmiştir. Üç nesil Hyundai Electra için bir uygulama çalışması yapılmıştır. Literatürdeki uygulamalardan farklı olarak uzmanlar tarafından yapılan oylamalar değil satışlara ilişkin görüşler analiz edilmiştir. Buna benzer şekilde orijinal Bass modelinin aksine hem geçmiş satışlar hem de uzmanların satış görüşleri analize dahil edilmiştir. Modelin gerçeğe oldukça yakın sonuçlar verdiği grafikler ile ortaya konmuştur.

Chong ve Chen (2010) bilgisayarlar için müşteri odaklı bir talep tahmin çalışması gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada dinamik müşteri ihtiyaçlarının yönetilmesi esas alınmıştır. Kullanılan Yapay Bağışıklık Sistemi (AIS) yöntemi referansını vücudumuzun bağışıklık

sisteminden almaktadır. Bağışıklık sistemimiz kendini organize eden, geçmişte yaşadıklarını belleğinde saklayan ve gelecekte öğrenecekleri ile sürekli kendini yenileyen bir sistemdir. Bu mantığın makine öğrenmesindeki karşılığı olan AIS, mevcuttaki veriler ile tam anlamıyla uyum içerisinde olan ANN ve Evrimsel Algoritma (EA) zaman içerisinde önceki verileri göz ardı edebilmektedir. Bu sebeple kurulmuş olan Müşteri İhtiyaç Analiz ve Tahmini (CRAF) sisteminde ANN ile birlikte AIS kullanılmıştır. CRAF için ilk etapta müşteri ihtiyaç analizi yapılmaktadır. Bu aşamada müşteri ihtiyacı bağışıklık sistemi gibi üç eksenli olarak tanımlanmaktadır. Antijenler girdi verisine benzerliğinden ötürü pazardaki müşteri ihtiyacı olarak, antikolar hafıza benzerliğinden dolayı sistem hafızasındaki müşteri ihtiyacı olarak ve fiziksel çevre de bütünselliğinden ötürü ürün pazarı olarak konumlandırılmıştır. Pazardaki müşteri ihtiyacının her güncellenişinde yeni antijen girişi olmakta, sistemin buna verdiği cevaplar ile antikor olarak sistem hafızasındaki müşteri ihtiyaçları tanımlanmakta, yeni ihtiyaçlar öğrenildikçe ANN eğitimi gerçekleştirilmekte, buna bağlı tahmin yapılmakta ve verilerin yani ihtiyaçların bir sonraki ihtiyaç girişine kadar korunması sağlanmaktadır. Uygulamada beş çeşit bilgisayarın 38 aylık veri ile talep tahmini yapılmaktadır. Bilgisayarların özellikleri ile biyomoleküller oluşturulmuş ve bunlardan ilişkili olanlar ilişkilendirilerek katmanlar oluşturulmuştur. Aylara göre sistemdeki mevcut ihtiyaçlar, yeni ihtiyaçlar ve bu ikisinin toplamı olan toplam ihtiyaçların miktarları listelenmiştir. Uygulamada geçmiş öğrenmeler ANN ile, dinamik öğrenmeler Odaklı Zaman Gecikmesi Sinir Ağı (FTDNN) ile yapılmaktadır. Faktörlerin gösterimindeki ve talep tahminindeki hatalar MPE ile ölçülmüştür. İlk 10 ayı öğrenme süresi olarak alan çalışmada kalan 28 aydan ikisinde %45'lik bir hata oranı çıkmakla birlikte geri kalan aylarda en fazla %30'luk hata oranı bulunmakta, 17 ay için hata oranı %15'in altında seyretmektedir. Çalışmada sadece Ar-Ge aşamasındaki ihtiyaçların girdi olarak alınmış olduğu, üretim ve pazarlama süreçlerinde oluşacak ihtiyaçların da girdi alınmasıyla daha iyi sonuçlara ulaşılabileceği belirtilmiştir.

Lei v.d. (2022) piyasaya yeni sürülmüş ürünler için ürün yaşam döngüsü eğrilerini Bayes fonksiyonu regresyonu ile modelleyerek gelecek dönem için talep tahmini yapmıştır. Bunun için bir istatistiksel bir veri analiz aracı olan Fonksiyonel Veri Analizi (FDA) kullanılmıştır. Bu aşamada ürün özelliklerinin satışa etkisi ve ürün ile ilgili indirim uygulamalarının etkisine göre bir ürün yaşam döngüsü ağacı oluşturmak amaçlanmıştır. Her iki model toplanarak bir Bayes fonksiyonel regresyon denklemi elde edilmiştir. Bu denklemden yola çıkarak gelecek dönemdeki satışların öngörülmesi için ise Markov Zinciri Monte Carlo

(MCMC) yöntemi kullanılmıştır. Oluşan eğrilerin gruplanması için ise hiyerarşik kümeleme yöntemiyle benzer eğriler çıkarılmıştır. Yapılan ilk uygulamada 150 çeşit kişisel bilgisayarın 3 yıllık verileri izlenmiştir. Eğri uydurma aşamasında polinom modelleri, Bass difüzyonu, üçgen, trapezoid, Fonksiyonel Temel Birleşme Analizi (FPCA) ve dördüncü dereceden bir B-spline eğrisi Ürün Yaşam Döngüsü Eğrisi (PLC) eğrisi oluşturmak için kullanılmıştır. Hatalar RMSE ve logaritma fonksiyonu yardımıyla çalışan Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Bayes Bilgi Kriteri (BIC) ölçülmüştür. En iyi sonucu FPCA yöntemi vermiştir. Bir dizüstü bilgisayar satıcısında yapılan ikinci uygulamada yine aynı yöntem kullanılmış olup bu sefer en iyi sonucu FB (B-spline) vermiştir. Her iki çalışma göz önüne alındığında en başarılı sonuçları vermiş olan ploy4 (polinom eğri modellerinden biri), FPCA ve FB ile PLC tahmin edilmiş ve FB'nin en iyi yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışma ikinci uygulamanın yapıldığı şirkette %5 - %30 arasında bir iyileştirme sağlamıştır.

2.3. Kümeleme Odaklı Uygulamalar

Kümeleme; veri madenciliği, istatistik ve örüntü tanıma alanlarında alanlarında kullanılan önemli bir tekniktir. Kümeleme yöntemleri verilerdeki doğal grupların bulunmasına olanak tanır. Bu, bir kümenin herhangi bir üyesinin aynı küme içerisindeki diğer öğelerle aynı özellikleri barındırdığı fakat diğer kümelerdeki tüm öğelerden farklı olduğu anlamına gelir (Triana, 2012).

Yin v.d. (2020) piyasaya yeni sürülen ürünler için kullanılmak üzere bir talep tahmin yöntemi ortaya koymuştur. Bu çalışmada ilk olarak ürünler kümelere ayrılmakta ve her bir küme için talep tahmini yapılmaktadır. Aynı kümede bulunacak ürünler benzer özellikleri barındırmasına göre seçilmiştir. Bunun için belirlenen özelliklerde ürünlerin aldığı değerler bir matrise oturtulmuş, sözel veriler ise numaralandırılmıştır. Bu değerler ile bir bulanık benzerlikler matrisi oluşturulmuş, bu matristen ise geçişli kapatma yöntemi ile bir bulanık eşdeğerlik matrisi elde edilmiştir. Talep tahmini yapmak için Bass difüzyon yönteminden faydalanılmıştır. Bass difüzyon modelinin varsayımlarına göre pazar potansiyeli değişmemekte, uygulayıcılar farklılaşmamakta, yenilikler birbirinden bağımsız olarak gerçekleşmekte ve pazarlama stratejilerinden etkilenmemekte, ürün performansı zamanla değişmemekte ve uygulayıcıların rolü yeniliğin yayılması dönemi boyunca sabit kalmaktadır. Bu varsayımlar lineer olmayan bir yapının Bass ile açıklanabilirliğini kısıtlamaktadır. Bu sebeple talep tahmini için hibrit bir model oluşturulmuş ve modelde lineer olmayan sistemlerde kullanılan yapay sinir ağlarının bir çeşidi olan Uzun Kısa Dönem Hafızası (LSTM) yöntemi kullanılmıştır. Oluşturulan metot için cep telefonu ve arabalar

üzerinde bir uygulama yapılmıştır. Uygulamada bu hibrit yöntem Bass, simBass (makaledeki ürün benzerliği esaslı Bass modeli), simbass-Tekrarlı Sinir Ağları (RNN), Bass-LSTM ve ürün yaşam döngüsü ve satışların zirve noktaları esas alınarak oluşturulmuş KH1998 (Kurawalwala ve Matsuo, 1998) ile MSE, MSPE, MAE ve MAPE değerleri üzerinden kıyaslanmıştır. simBass-LSTM yönteminin her birinde en başarılı sonuçları verdiği görülmüştür.

Li v.d. (2012) ürün yaşam döngüsü 1,5 ila 2 yıl arasında değişen 40 adet yarı iletken malzeme türü için talep tahmin çalışması yürütmüştür. Ürünlerin kısa bir yaşam döngüsüne sahip olmaları nedeniyle elde bulunan veri miktarı sınırlıdır. Birbirine benzeyen ürünler kümeleme yöntemi ile bulunmuş ve bu doğrultuda tahmin yapılmıştır. Ürünlerin benzerliği ürünlere ait verilerin benzer olması üzerinden tanımlanmış, benzer ürünleri bulabilmek için Bulanık Kısa Zaman Serileri (FSTS) yöntemi kullanılmıştır. Bu yaklaşıma göre kümeleme yapılarak veri örüntüleri ortaya çıkarılmakta ve sonra o örüntünün devamı tahmin edilebilmektedir. İlk olarak standart FSTS yöntemi ile gruplama yapılmış, sonrasında Genetik Algoritma (GA) ile iyileştirme yapılmıştır. Klasik FSTS yönteminin dezavantajları; yeni örnekler eklendiğinde hata vermesi, farklı analizlerde farklı sonuçlar çıkarabilmesi, örneklem büyüdüğünde yanlış sonuca götürebilmesi, yakınsama hızının kesin olmayışı ve ağırlık belirleme sorunu olarak sıralanmıştır. Bu nedenlerle GA, FSTS ile oluşturulan bulanık matrisi doğrulama yöntemi olarak önerilmiştir. FSTS ile FSTS-GA hibrit yöntemi kıyaslanmış ve FSTS'nin lokal optimizasyon yaptığı belirtilerek FSTS-GA yönteminin daha iyi sonuç verdiği ortaya konulmuştur.

Jónás v.d. (2016) kısa bir ürün yaşam döngüsüne sahip olan elektronik cihazlara yönelik bir talep tahmin modeli geliştirmiştir. Bunun için özelleştirilmiş üyelik fonksiyonlarına sahip bir Bulanık Çıkarsama Sistemi (FIS) oluşturmuştur. FIS bulanık mantık ve bulanık kümelerin bilindik bir uygulama metodudur. Sağladığı avantajlar özel ifadeleri yönetmek ve girdiler ile çıktılar arasındaki lineer olmayan ilişkileri tahmin etmek olarak özetlenebilir. Metodolojide ilk olarak talep verileri normalize edilir ve sonrasında bu veriler bulanık c-ortalama kümesi yöntemi ile bulanık bölümlenme matrisine yerleştirilmiş, verilere göre küme merkezleri (c_i) her bir C_i kümesi için (m tane ürün için $i=1,2,\dots,m$ iken) hesaplanmıştır. X veri değerinin C_1, C_2, \dots, C_m kümelerinin her birine ait olması durumu için B_1, B_2, \dots, B_m bulanık kümeleri (fuzzy sets) ve bu kümelere aitlik fonksiyonları tanımlanmıştır. Uygulamada bir Elektronik İmalat Sistemleri (EMS) ürüne ait 77 haftalık talep verisi kullanılmıştır. Geliştirilen metodolojiye göre tahmin yapılarak sonuçlar ARIMA ve Winters

yöntemleri ile kıyaslanmıştır. Kıyaslamalar gerçek talepler ile hesaplanan MSE değerleri üzerinden yapılmış olup FIS en başarılı sonucu vermiştir.

Triana (2012), kısa ürün yaşam döngüsüne sahip ürünler için kullanılabilir yöntemleri araştırmış ve oluşturduğu yöntem ile bir uygulama gerçekleştirmiştir. Elektronik bir ürün ile yapılan uygulama çalışmasında ilk olarak veriler toplanmış, kümelere ayrılmış, MLR, SVR ve ANN yöntemleri kullanılarak tahmin yapılmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır. Kümelemede Bulanık C-Ortalama Sınıflandırma (FCM), FSTS ve Bulanık En Büyük Olabilirlik Kestirimi (FMLE) yöntemlerinin kullanılabilirliği belirtilmiştir. Uygulamada dört farklı veri seti kullanılmış, veri setlerinden birinde MLR yöntemi kullanıldığında kümeleme yapılması gerektiği belirtilmiştir. Aynı veri setinde ANN kullanıldığında kümeleme yapılmaması gerektiği, geri kalan hiçbir durumda ise kümelemenin bir etkisi olmayacağı sonucuna varılmıştır. Tüm veri setlerinin kümülatif ve kümülatif olmayan şekilde ayrı ayrı analizi yapılmıştır. Kıyaslamaların RMSE değeri üzerinden yapıldığı uygulamada en başarılı yöntem MLR olarak bulunmuş, kümeleme ve kümülatif analizin sonucu etkilemediğine ulaşılmıştır.

K-ortalamlar kümesi, bir veri setini k ayrı alt kümeye bölmeyi amaçlar (Likas v.d., 2003). Talep tahminleme ile ilgili olarak müşteri gruplama, mağaza gruplama (Huber v.d., 2017) ve ürün gruplama alanlarında kullanılır (Hu v.d., 2017).

Huber v.d. (2017) perakende sektöründe yer alan bozulabilir ürünlere ilişkin bir talep tahmin uygulaması yapmıştır. Günlük talebi tahmin etmek için ARIMA ve ARIMAX yönteminin birlikte kullanıldığı çalışmada ürünler gün içerisindeki satış miktarlarına göre sınıflara ayrılmıştır. Sınıflara ayırma çalışması k-means clustering yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. İki sınıfa ayrılan ürün satışlarının ayrıldığı sınıflar hafta içi ve hafta sonu satışlarıdır. Ek olarak, bu ürünlerin bulunduğu bölge ya da mağazalar hiyerarşik olarak sıralanmış ve talep tahmini bu sıralamaya göre yapılmıştır. Her iki yöntemle de mevcut hatalara göre daha düşük hatalar elde edilmiştir.

2.4. Ürün Yaşam Döngüsü (PLC) Odaklı Uygulamalar

PLC, bir ürünün piyasaya ilk çıkış tarihi ile nihai pazardan çekilme tarihi arasındaki dönemi ifade eder. Bu döngü giriş, olgunluk, büyüme ve düşüş aşaması olarak dört aşamaya bölünmüştür. PLC fonksiyonu talep tahmininin özünü oluşturur. Lojistik, Bass ve polinom fonksiyonu olmak üzere üç türü bulunur. Lojistik fonksiyon ekonometrik bir modeldir ve en yaygın olarak PLC uyumlamada kullanılır (Yue v.d., 2016).

Nagashima v.d. (2015) aynı üretici tarafından üretilen ve Fransa’da üç farklı satıcı tarafından satılan 169 kamera modeli için işbirliği, ürün yaşam döngüsü, satıcı tipi ve ürün kategorisine bağlı olarak kısa bir yaşam döngüsüne sahip ürünlerin talep tahmini doğruluğunu ampirik olarak analiz etmektedir. Ürün yaşam döngüsünde bulunulan konum ile ilişkili olarak en belirsiz kısmın giriş kısmı olduğu, olgunlaşma seviyesine gelindikçe talep tahmininin kesinliğinin artacağı hipotezi savunulmaktadır. Ürünler kategorize edilerek her bir kategorideki ürünler grup halinde incelenmiştir. Teknoloji seviyesine göre sınıflandırılan ürünler basit, orta ve komplike olarak üç gruba ayrılmış ve ürünlerin komplike bir hal almasının talep tahmini kesinliğini azaltacağı hipotezi oluşturulmuştur. Varyans analizi (ANOVA) yapılarak hipotezler test edilmiş; ilk hipotez için ürün yaşam döngüsünde olgunluk aşamasına yaklaşıldıkça talep tahmini kesinliğinin arttığı sonucuna ulaşılmış, yani hipotez reddedilememiş; ikinci hipotez için ürün komplike bir hal aldıkça talep tahmin kesinliğinin artacağı sonucuna ulaşılmış, yani hipotez reddedilmiştir.

Yue v.d. (2016) kısa bir yaşam döngüsüne sahip olan ayakkabı ve moda ürünlerinin taleplerini tahmin etmeye çalışmıştır. İlk olarak geleneksel ürün yaşam döngüsü modelleri yerine, ürün yaşam döngüsü grafiğini en çok satışın gerçekleştiği noktaya göre ikiye bölen kübik polinom tabanlı bir model kurulmuştur. Lojistik ve Bass yöntemleri ile kıyaslanarak en iyi sonucu Polinom Uyumlama (PF)’nın verdiği açıklanmıştır. Bu yöntem ile hibrit olarak geçmiş veriler doğrultusunda gelecek verileri tahmin eden Yapay Arı Kolonisi (ABC) algoritması kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmış, hata oranlarının hibrit uygulamada düştüğü gözlemlenmiştir. Ek olarak ABC-PF yöntemi MA, Destek Vektör Makinesi (SVM) ve Radyal Temel Fonksiyonlu Sinir Ağı (RBFNN) yöntemleri ile kıyaslanmış ve ABC-PF yönteminin daha iyi sonuç vereceği vurgulanmıştır.

Hu v.d. (2017) lider bir bilgisayar üreticisinin geçmişteki ürünlere benzer özelliklere sahip yeni ürünlerinin taleplerini ürün yaşam döngüsü modeli ile tahmin etmek için bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemde göre eski versiyon ürünlerin ürün yaşam döngüsü grafikleri müşteri sipariş bilgilerine göre çıkarılmış, ardından benzer ürün yaşam döngüsü grafikleri kümelenmiş ve son olarak yeni ürünler için ilgili ürün kümesinin temsili eğrisine göre talep tahmini yapılmıştır. Çalışmada masaüstü ve dizüstü bilgisayarlar ile mobil ve sabit iş istasyonları olmak üzere dört farklı kategoriye ayrılan 170 ürün kullanılmıştır. Üç farklı ürün yaşam döngü eğrisi kıyaslanmıştır. Bunlar Bass difüzyon eğrileri, polinom eğrileri ve basit parçalı doğrusal eğrilerdir. Polinom eğrileri ikinci, üçüncü ve dördüncü dereceden olmak üzere üç çeşit, basit parçalı doğrusal eğriler ise üçgen ve yamuk olmak üzere iki çeşittir.

Dördüncü dereceden polinom eğrileri en başarılı sonucu vermiştir. Yamuk ise dört kriterde dördüncü dereceden polinom eğrilerinden sonra ikinci, iki kriterde birinci iyi sonuç veren konumundadır. Dördüncü dereceden polinomlar yardımıyla ürün yaşam döngüsü grafikleri çizilen ürünler için döngü sınıflandırma aşamasına geçilmiştir. Sınıflandırma özellik bazlı (RAM, işlemci, hard disk vb.), ürün tipi bazlı (masaüstü bilgisayar, dizüstü bilgisayar vb.) ve veri seti bazlı sınıflandırma yöntemlerinin kıyaslaması yapılmış ve veri seti bazlı sınıflamanın en başarılı yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dördüncü dereceden polinom fonksiyonlarının oluşturduğu ürün yaşam döngüsü grafiklerinden en uygun veri seti grubuna ait ürün için oluşturulmuş grafiklerle yeni ürünler için talep tahmini yapılmış, yapılan taleplerde trendler ve mevsimsel etkiler dikkate alınmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan ürünlerden 45 tanesi için algoritma sonuçları ile firmanın tahminleri kıyaslanmış ve firma tahminlerinden %3-4 daha az hata ile tahmin yapıldığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca model daha küçük bir şirket olan bir bilgisayar parçası üreticisinin verileri üzerinde tekrar test edilmiş ve yine başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Aytaç ve Wu (2013) kısa ürün yaşam döngüsüne ve yüksek talep dalgalanmasına sahip teknolojik ürünler için alternatif bir talep tahmin yöntemi önermiştir. Önerilen yöntemde ürün yaşam döngüsüne göre talepler tanımlanmakta ve Bayes yöntemi ile öncü olarak nitelenebilecek ürünler üzerinden tüm ürünler için bir talep tahmin çalışması yapılmaktadır. Bu uygulamanın tamamı üç aşamalı talep tahmini olarak nitelenmektedir. Ürün yaşam döngüsüne göre yapılan her bir model tahmininin varyans hesaplaması ilk aşamayı, minimum korelasyon ve L zamanını içeren hesaplama ikinci aşamayı, Bayes yöntemi ise son aşamayı oluşturmaktadır. İlk olarak talep verilerinden yola çıkılarak belirlenen potansiyel öncü ürünler ile bir korelasyon hesaplaması yapılmaktadır. Minimum korelasyon ve minimum L zamanı ile L'den önceki kısımdaki talep verileri tutulmakta ve bu verilere istinaden bir ürün gruplaması yapılmaktadır. Bu gruplama sayesinde L'den istenilen bir T zamanına kadar zaman serisinin ilişkisi hesaplanabilmektedir. Serinin T zamanından sonraki verilerinin tahmini için kümülatif satış verileri kullanılmıştır. Bunun nedeni kümülatif olmayan modellerde tahminlerin kesine yakın olması zorunluluğudur. Kısa vadeli dalgalanmaların tahmin kalitesi üzerindeki etkisini azaltmak için S şeklinde bir kümülatif yaşam döngüsü eğrisi tercih edilmiştir. Tahminin belirsizlik analizi için ise Bayes yöntemi kullanılmıştır. Burada her bir model bir rastgele değişken olarak ele alınmış ve her bir modele olasılık atanmıştır. Taleplerin ürün yaşam döngüsüne göre nitelenmesindeki çeşitliliğin önlendiğini kontrol etmek amacıyla alternatif iki yöntem sunulmuştur. Bunlardan

biri normal dağılım ve Bonferroni eşitsizliği yardımıyla yapılan olasılık dağılımı, diğeri ise tüm model tahminlerinin birleştirilmesi ile varyans hesaplanmasıdır. Uygulamada yarı iletken üreticisi üç firmanın verileri ile gelecek dönemki satışların tahmini yapılmıştır. Ortalama, varyans ve MAPE değerleri üzerinden üç aşamalı tahminin sonuçları incelenmiştir. L zamanının mümkün olduğunca küçük tutulması gerektiği fakat ürün sayısı arttıkça L zamanının değişiminin önemini yitirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Model öncü ürünleri bulmak ve küçük varyanslar ile tahmin yapmak açısından başarılı bulunmuştur.

Kurawarwala ve Matsuo (1998) kısa yaşam döngüsüne sahip ürünlerin orta vadedeki talep tahminini modellemek için bir çalışma yürütmüştür. Temelde giriş, büyüme, olgunlaşma ve reddedilme fazlarından oluşan ürün yaşam döngülerine mevsimsel varyasyonlar ile değişik grafik alternatifleri çıkarılmıştır. Mevsimselliğin belli bir örüntü ile gerçekleşeceği ifade edilmiş olup müşteri odaklı pazarlarda satışların pik noktasının yıl sonuna doğru (Kasım-Aralık aylarında) görüldüğü belirtilmiştir. Uygulamada bir bilgisayar üreticisinin satış yaptığı iki farklı pazardaki talepler tahmin edilmiştir. İlk pazarda Fortune 500 üyesi şirketlere satış yapılmakta, ikinci pazarda ise doğrudan kişilere satış yapılmaktadır. Her pazardan beş ürün seçilmiş ve bu ürünler ilk pazar için P1-P5 ve ikinci pazar için Q1-Q5 olarak isimlendirilmiştir. Ürünler satışların pik noktalarına geldiği ayların farklı olması esasıyla seçilmiştir. İlk olarak lineer büyüme modeli, eksponansiyel büyüme modeli ve mevsimsel trend büyüme modeli ile tahmin yapılmış, modellerdeki parametre tahminleri lineer olmayan en az kareler ve ağırlıklı en az kareler tahmin yöntemleri ile tahmin edilmiştir. Kıyaslama amacıyla 1-period tahmin yöntemlerinden ARIMA(1,1,1) ve mevsimsel olmayan ARIMA (DESSN-ARIMA) yöntemleri de kullanılmış ve sonuçlar gerçek veriler ile karşılaştırılmıştır. En iyi sonuçları mevsimsel trend büyüme modeli verse de sonuçlar gerçek verilerle tam olarak örtüşmemektedir. Tahmini iyileştirmek amacıyla mevsimsellik katsayıları ve p ve q parametre değerleri ile m toplam satış değeri her on ürün için de hesaplanmıştır. Satış pik noktaları ürünlerin piyasaya sürüldüğü aylara bağlı olarak değişmektedir düşüncesiyle şekil parametrelerinden teorik pik nokta değerleri ile satış kesri değerleri hesaplanmıştır. Ürünlerden herhangi birini tahmin etmek için satış kesri aralığından 10 adet değer kullanılmıştır. Tahmini satış pik noktasını hesaplamak için ilgili ürünün ilgili aydaki mevsimsellik değerleri alınarak pik noktasının gerçekleştiği aya kadar toplanmıştır. 10 adet satış kesir değerinden faydalanılarak p ve q parametre değerlerine ulaşılmıştır. Bu değerler ile tekrar tahmin yapılarak iyi, kötü ve ortalama hata oranları hesaplanmıştır. Bu yöntemle ilk sonuçlardan daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Trappey ve Wu (2008) kısa ürün yaşam döngüsüne sahip olan teknolojik ürünler için talep tahmin yöntemi geliştirmiştir. Çalışmada bunun için lojistik modellerden faydalanılmıştır. Üç farklı model kullanılmıştır. Bunlardan ilki basit lojistik eğrisidir. Bu eğride biyolojik büyüme göstergesi olan kümülatif S şekli referans alınmaktadır. Teknolojik büyüme modelleri de biyolojik modellere benzer olduğundan bu eğri sıkça kullanılmaktadır. Burada bilinen bir maksimum nokta ile eğrinin lokasyon parametresi a ve şekil parametresi b 'nin tahmini basit lineer regresyon ile yapılmaktadır. İkinci model Gompertz modelidir. Bu model 1825 yılındaki ilk keşfinden bu yana ölüm oranının hesaplanmasında kullanılan ve teknolojik ürünlerdeki tahminlerde tercih edilmektedir. Bunun nedeni lojistik eğrisindeki dönüm noktasının simetrikliğini ortadan kaldırmasıdır. Bu durum aynı noktadan başlayan iki eğrinin aynı noktada bitmemesini, verilerin değişkenliğine göre bitiş noktasının farklılaşmasını sağlamaktadır. Üçüncü model ise zaman değişimi ile genişleyen lojistik modeldir. İlk iki modelde büyüme belli bir noktaya kadar gerçekleşmektedir. Bu modelin kullanılma amacı teknolojik ürünler arasındaki değişimin, pazardaki değişkenliklerin yansımaları sağlamaktır. Büyüme belli bir noktaya kadar gerçekleştiğinde pazardaki doyum bu noktada %100 olmaktadır. Pratikte teknolojik bir ürünün pazardaki doyum noktasına ulaşmadan yeni versiyonuna geçiş yaptığı ve pazardan çekildiği örnekler mevcuttur. Bu nedenle bu model çalışmaya dahil edilmiştir. Maksimum nokta da basit lojistik modeldeki değer gibi lokasyon ve şekil parametresiyle hesaplanan bir fonksiyona dönüşmüştür. Model bu haliyle lineer olmayan en az kareler tahmini modeli halini almıştır. Uygulamada 22 çeşit elektronik ürünün verileri kullanılmıştır. Bu ürünler arasında farklı türlerdeki telefon, televizyon, monitör, çamaşır makinesi, sunucu, modem gibi ürünler bulunmaktadır. Bunlardan altı tanesi pazardaki doyum yüzdesine göre ve kalan 16 tanesi kümülatif satış verilerine göre analiz edilmiştir. Gerçek verilerle oluşan farklar Ortalama Mutlak Fark (MAD) ve RMSE ile ifade edilmiştir. Doyum yüzdesine göre analiz edilenlerden %100'e ulaşmayan üç ürün için maksimum nokta $L=30$, $L=50$ ve $L=100$ 'e göre tahmin çalışması yapılmış ve bahsi geçen üç modelin tahmin eğrileri gerçek sonuçlarla kıyaslanmıştır. Altı üründe de hem uyumlama hem de tahmin performansında en iyi sonuçları genişleyen lojistik eğrisi vermiştir. Kümülatif satış eğrisi referans alınarak yapılan çalışmaya bakıldığında uyumlamada her ürün için ve tahminde 11 ürün için yine en iyi sonucu genişleyen lojistik eğrisi vermiştir. Geri kalan beş üründen dördü için en iyi sonucu Gompertz modeli, ikinci iyi sonucu genişleyen lojistik eğrisi verirken son ürün için en az hata oranı basit lojistik modelinde yakalanmış olup en fazla hata oranı genişleyen lojistik eğrisinde tespit edilmiştir.

Bu çalışma ile genişleyen lojistik eğrisinin genel anlamda elektronik ürünler için gerçeğe yakın tahmin sonuçları verdiği kanıtlanmıştır.

Jung ve Lim (2016) piyasaya yeni sürülmüş kısa ürün yaşam döngüsüne sahip ürünlerin talep tahminini yapan bir algoritma hazırlamıştır. Bu algoritmaya göre üç aşamalı talep tahmini yapılmaktadır. Bunlardan ilki piyasaya çıkış öncesi uzun dönemli tahmin, ikincisi uzun dönem tahmin düzeltmeleri ve sonuncusu kısa dönem tahmin düzeltmeleridir. Piyasaya çıkış öncesi yapılan uzun dönemli tahminde piyasaya çıkış tarihi ve planlanan satış hacmi karşılaştırılır. Bu aşamada üç farklı denklem tanımlanmıştır. Buna göre ilk denklemde veri tabanından bir referans model seçilmiş, bu modeldeki eğrinin analizine göre satış verilerindeki mevsimsellik etkisi kaldırılarak yeni eğri çıkarılmıştır. Eğri çıkarılırken Bass model ve kümülatif satış verileri kullanılmıştır. İkinci denklemde kümülatif satış verisi $Y(t)$ ve toplam pazar potansiyeli m ile oluşturulan ikinci dereceden regresyon ile mevsimsellikten arınmış satış verileri $S(t)$ 'ye ulaşılmıştır. Üçüncü denklemde ise satış pik noktasından Bass difüzyon parametrelerine ulaşmaya çalışılmıştır. İkinci aşama olan uzun dönem tahmin düzeltmelerinde sonsal olasılık değerleri hesaplanarak tahmin güncellemesi yapılmaktadır. Son aşamada ise kısa dönem tahmin düzeltmeleri için Winter's metoduyla birlikte Bass difüzyon modeli kullanılmaktadır. Burada kısa dönem tahmin yeteneği Bass modeli ile sağlanırken trend, mevsimsellik ve rastgelelik Winter's modeli ile sağlanmaktadır. Uygulamada Güney Kore'deki bir bilgisayar üreticisinin 27 masaüstü ve 17 dizüstü bilgisayar için satış verileri talep tahmin çalışması için kullanılmıştır. Gerçek değerler ile farkların yüzdeleri hesaplanmış olup firmanın mevcut modelinde masaüstü bilgisayarlar için %39 oranında tahmin yapılabiliriyken bu oranın %61'e çıktığı tespit edilmiştir. Dizüstü bilgisayarlar için ise bu oran %38'den %66'ya yükselmiştir.

Lee v.d. (2006) Bass difüzyon modelinde iyileştirmeler yapan bir yöntem ile büyük ekranlı televizyonların gelecek dönemde göreceği talebi tahmin etmiştir. Difüzyon modelinde rekabet göz önüne alınmamakta ve piyasaya sürülmemiş ürünler için talep tahmini yapılamamaktadır. Oluşturulan model dört adımdan oluşmaktadır. İlk adımda birleşik analiz yöntemiyle müşteri tercihi olabilecek ürün özellikleri ile ilgili statik bir fayda fonksiyonu oluşturulmuş, ikinci adımda ise rakip ürünler için bir dinamik fiyat analizi fonksiyonu çıkarılmıştır. Fayda fonksiyonu deterministik ve stokastik faydaların toplamı olarak hesaplanmaktadır. Deterministik faydalar ürün özellikleri ve spesifik durumların toplamı ile oluşmaktadır. Seçilen dört ürün tipi özelliklerin derecesine göre A en yüksek ve D en düşük olmak üzere A ile D arasında puanlanmıştır. Bu özellikler arasından belirlenen üç tanesi

çalışmada kullanılmıştır. Üçüncü adımda fayda ve fiyat analizi fonksiyonları bir araya getirilerek dinamik bir fayda fonksiyonu oluşturulmuştur. Son olarak dinamik fayda fonksiyonu ve Bass difüzyon modeli kullanılarak ve pazar payı ile geçmiş satış öngörülleri göz önüne alınarak bir talep tahmini yapılmıştır. Pazar payı hesaplaması için firmanın ilgili ürününe talep ile ilgili ürünün rakiplerine yapılan taleplerle birlikte o gruptaki toplam talep oranlanmış, bu oranın bulunması için müşterilerden görüş alınmıştır. Satış tahmininin yapılması için kümülatif satışlardan yola çıkarak her bir ürün için satış tahmininin ayrıştırıldığı bir regresyon denklemi oluşturulmuştur. Uygulamada dört farklı ürün tipi için analiz yapılmıştır. Fayda fonksiyonu için ürün tipleri ve özelliklerinin yanı sıra müşterinin özelliklerinin (medeni hali, sahip olduğu ürün tipi, sahip olduğu özellik tipi, en çok satın alım yaptığı zaman dilimleri ve günlük televizyon izleme süresi) de t değerine göre etkisi kontrol edilmiştir. Uygun olan ürün tipleri için fiyat fonksiyonu oluşturulmuştur. Gelecek 10 yılın talep tahmininin yapıldığı çalışmada markadan bağımsız olarak televizyon talepleri öngörülmuş ve sonuçların kurumsal firmaların analizleri ile örtüştüğü belirtilmiştir.

2.5. Ardışık&Çoklu Nesil Ürünler

Yüksek teknoloji seviyesine sahip ürünlerde uygulamaya alınan yenilikler ile sıkça özellik güncellemesi olmaktadır. Bu özelliklerin güncellenmesiyle ürünlerin değişik versiyonları ortaya çıkmaktadır. Yeni eklenen özellikler ihtiyaç ve taleplere göre şekillendiğinden hedef kitle benzer kalmaktadır. Bu noktada kitle “yenilikçi” (p) ve “benzetmeci” (q) olmak üzere ikiye ayrılır. Bu iki tip kitlenin t zamandaki ürün versiyonuna bağlı satış sürecine etkisi $p+qF(t)$ olarak gösterilir ve buradan hareketle talep tahmini yapılabilen ürünler ardışık nesil ürünler olarak isimlendirilir (Norton ve Bass, 1987).

Islam ve Meade (1997) teknolojik ürünlerin her jenerasyonun diğerinden daha iyi özelliklere sahip olması sebebiyle pazarda benzer talepler yaratacağından hareketle Bass yöntemini kullanarak gelecek jenerasyonlar için talep tahmininde bulunmuştur. Uygulamada on bir ülkedeki ikinci ve üçüncü nesil cep telefonları modellenmiş, bulunan sonuçlar IBM’in dört nesil bilgisayarları da analiz edilerek teyit edilmiştir. “p” ve “q” katsayıların sabit alındığı sınırlanmış model ve sabitlenmediği sınırlanmamış model kullanılarak sonuçlar kıyaslanmıştır. Almanya’daki cep telefonlarıyla yapılan çalışmaya göre model sınırlanmadığında p katsayısında iki nesil arasında ciddi artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu artış yeni nesil üründe alıcı sayısındaki artışı göstermektedir. Bunun yanında analizlere göre R^2 değeri artış göstermiş ve her iki neslin MAPE değerlerinde azalma olmuştur. Gerçek sonuçlarla kıyaslandığında ise sınırlanmamış modelin oldukça yakın sonuç verdiği

gözlemlenirken sınırlanmış model gerçekleşenden daha fazla talep tahmininde bulunmuştur. Avusturya örneğinde de benzer sonuçlar gözlemlenmiştir. On bir ülkeden dördünde ise p ve q katsayılarında çok önemli bir değişiklik meydana gelmediği görülmüştür. IBM bilgisayarlarında yapılan çalışmada ise dört nesil boyunca p katsayısının arttığı, üç ve dördüncü nesilde ise q katsayısının azaldığı gözlemlenmiştir. İlk analize benzer şekilde R² artarken MAPE değerinde azalma olmuştur. Yapılan çalışma ile nesiller değiştiğinde p ve q değerlerinde de değişiklik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Teknolojik ürünlerde yapılan yeniliklerin pazarı hareketlendirdiği ve talebi artırdığı gözlemlenmiştir.

Shi v.d. (2014) klasik Çoklu Nesil Ürün Difüzyonu (MGPD) yöntemi ile yapılan çalışmalar başarılı olsa da günümüzdeki müşterinin ileriye dönüklük etkisini dikkate almadığı düşüncesinden yola çıkarak mevcut pazar dinamiklerini gözeten bir MGPD uygulaması yapmıştır. İleriye dönüklük etkisi yeni jenerasyon piyasaya sürüldüğünde bir önceki jenerasyonun satışlarının azalması olarak tanımlanmıştır. Zaman nesil değişikliğinde satış artışı için bir gösterge olarak belirlenmiştir. Uygulamada dört firmadan sekiz ürünün verileri kullanılmıştır. Firmalar üç video oyun firması (Nintendo, Sony ve Microsoft Home) ile lider teknolojik ürün geliştirme firması Apple olarak seçilmiştir. Bass difüzyon modelindeki p_i ve q_i ile sıçrama parametresi olarak belirlenen n_i ve pazar potansiyelini simgeleyen M_i parametreleri kullanılmış, parametre tahmini için GA'dan yararlanılmıştır. Uygulamada Karesel Hataların Toplamı (SSE), MAD, MAPE, RMSE R² ve düzeltilmiş R² kullanılarak hatalar incelenmiştir. Çıkan sonuçlar NB (Norton ve Bass, 1987), MM (Mahajan ve Muller, 1996) ve JP (Jun ve Park, 1999) yöntemlerinden çıkan sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Yöntem sekiz üründen altısında ilk sırada yer almış, geri kalan ikisinde ise ikinci sıraya yerleşmiştir. Genel olarak başarı sıralaması önerilen model, JP, MM ve NB olarak oluşmuştur. NB modelinde nesiller arası geçişin formül sebebiyle oldukça keskin tutulması gerçek sonuçlardaki eğrilerin açıklanamaması ile sonuçlanmıştır. MM modelinde bu durum nispeten daha az, JP'de ise oldukça az yaşanmıştır. Sonuç olarak, önerilen model veya JP'nin çalışmalarda kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Guo ve Chen (2018) çok jenerasyonlu akıllı telefon ürünü için müşterilerin stratejik kararlarını analiz etmiş ve alıp almama kararını nasıl verdiklerini araştırmıştır. Araştırmayı m'in popülasyon büyüklüğü, x(t)'nin t zamanındaki alıcıları simgelediği $\alpha + \beta \frac{x(t)}{m}$ denklemi üzerinden yürütmüşlerdir. Burada α ve β sırasıyla yenilik ve benzerlik katsayılarıdır. Ardışık iki iPhone nesli için yaptıkları uygulamada beş stratejik grup söz konusudur. İlk seçenek olan "benimseme", ilk nesil ürünü alarak ürün ömrü sonuna kadar kullanmayı

simgelemektedir. İkinci seçenek olan “atlama” ikinci nesil ürünün çıkacağını bilerek bekleyip ikinci nesil ürünü tercih etme aksiyonudur. Üçüncü opsiyon “geriden takip”tir, bu durumda ikinci nesil ürün piyasaya sürüldüğünde ilk nesil ürünün indirimli olarak satın alınması tercih edilmektedir. Dördüncü seçenek “güncelleme”, ilk nesil telefon piyasaya sürüldüğünde satın alınması ve ikinci nesil sürüldüğünde ise telefon değişikliği yapılmasıdır. Son olarak beşinci opsiyon, herhangi bir telefonu almamayı tercih etmektir. Bu beş seçeneğin varlığında, analiz için öncelikle “bekle ya da satın al” kararları incelenmiştir. “ δ ” ikinci nesil ürünün fiyatını, “ p ” ilk nesil ürünün fiyatını, “ μ ” ilk nesil ürünün hurda fiyatını ve “ ρ ” performans iyileştirmesini temsil ederken hangi formülasyonlarda hangi kararların alınabileceği analiz edilmiştir. Burada “ v ” ilk nesil ürünün ürün yaşam döngüsü değerini simgelerken “ p_v ” ilk nesil ürünün değerinin performans iyileştirmesi ile revize edilmesiyle ortaya çıkan ikinci nesil ürünün ürün yaşam döngüsü değerini simgelemektedir. Pazar bölümlene ve fiyat düşürme stratejileri kullanılarak bazı grafikler oluşturulmuştur. Bu grafiklerde ilk/ikinci nesil ürün fiyat değerlerinin farkları ile performans/ürün değeri farklarının alınması ile oluşturulan denklemlerin arasında oluşan eşitsizliklere göre genel ve tamamlayıcı durumların grafikleri çıkarılmıştır. Bu grafiklerin durumları ilk ve ikinci nesil ürünlerin piyasaya sürülme zamanları da ele alınarak yeniden incelenmiştir. Müşterinin karar verme zamanı “ t ” ile ikinci nesil ürünün piyasaya sürülme zamanı “ τ ” arasındaki ilişki baz alınarak “ $t < \tau$ ” ve “ $t \geq \tau$ ” durumları değerlendirilmiştir. Bu formülasyonlara göre genel durumda üç farklı “ ρ ” değeri için ($\rho=1,1$, $\rho=1,2$ ve $\rho=1,3$) “baz alınan”, “geniş planlama aralığı”, “düşük hurda değeri” ve “düşük indirim” senaryoları ele alınmıştır. Sonuç olarak, yüksek performans değerinin optimal fiyatın ve karın daha yüksek olabilmesini desteklediği ve tanıtıma ihtiyacı azalttığı, uzun planlama aralığının “olgunluk” aşamasında daha uzun süre kalabilmeyi sağladığı; performans iyileştirmesinin az olduğu durumların ise satın alma kararını veren müşteri sayısını azalttığı verilerine ulaşılmıştır. Bunun yanında, ikinci nesil ürünün sürümü için optimum zamanın, birinci nesil ürün ömrünün sonuna doğru olmasının birinci nesil ürünün satışlarının olumsuz etkilenmemesi açısından önemli oluşu ve performans iyileştirmesi ile karın doğrusal bir ilişkisinin olmayışı elde edilen diğer sonuçlardır. En yüksek karın “ $\rho=1,1$ ” değeri ile oluştuğu göz önüne alındığında, fiyat ve piyasaya sürme zamanı stratejilerinin de performans değeri kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

2.6. Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri

Talepler genel olarak gün, hafta, ay gibi tanımlı bir aralıkta gerçekleşir. Talebin periyoduna karar verme aşaması oldukça önemlidir. Talep periyodu sektör dinamikleri ve sipariş miktarına bağlı olarak değişebilir. Talepler zaman serisi özelliği gösterir ve eşit aralıklı periyotlarda gerçekleşmeleri incelenir (Boylan ve Syntetos, 2021).

Bazı durumlarda taleplerin eşit zaman aralıklarına bölünmesi mümkün olmamaktadır. Eşit aralıklara bölündüğünde kimi periyotta oldukça az, kimi periyotta oldukça fazla gerçekleşme olur; yani düzensiz bir gerçekleşme söz konusudur. Kimi zaman ise bazı periyotlarda hiç gerçekleşme olmaz, yani devamlılığı olmayan bir talep yapısı hakimdir. Düzenli ve/veya devamlı olmayan talepler aralıklı bir gerçekleşme göstermektedir (Boylan ve Syntetos, 2021).

Taleplerin genel akışa uygun gerçekleşmediği durumda klasik talep yöntemleri de geçerliliğini yitirmektedir. Burada devreye aralıklı talep tahmin yöntemleri girmektedir. Aralıklı talep tahmin yöntemlerinin araştırmacılar tarafından ihmal edildiği söylenirse yanlış olmayacaktır. Bu konuda ilk çalışma Croston (1972) tarafından yapılmış, bu çalışmayı oldukça az sayıda benzer konulu çalışma takip etmiştir. Aralıklı talep tahmin yöntemlerinin, tedarik zincirinin her aşamasında ve satış sonrası hizmetlerde oldukça faydalı olabileceği değerlendirilmektedir.

Croston (1972) konu ile ilgili ilk çalışmayı üstel düzeltme yöntemlerinden hareketle yapmıştır. Üstel düzeltme yönteminin talep tahmininde en sık kullanılan yöntemlerden biri olduğu, fakat aralıklı taleplerde bu yöntemin yüksek hata oranlarıyla çalıştığını çalışmasında belirtmiştir. Üstel düzeltme yönteminin formülleri ile aralıklı taleplerin tahminini denemiş; kısa dönemde talep büyüklüklerinin oldukça düşük tahmin edildiğini, uzun dönemde ise ortalama talebin oldukça yüksek tahmin edildiğini gözlemlemiştir. Talep aralıklı gerçekleşme gösterdiğinden talebin geldiği aralıktaki büyüklüğü ve talebin gelme aralığı olmak üzere iki değişken belirlemiştir. Dört varsayımda bulunmuştur. Bunlar; taleplerin Bernoulli dağılımını izlediği, talep büyüklüklerinin normal dağıldığı, talep büyüklükleri ve talep aralıklarının birbirinden bağımsız olduğu ve ardışık talep büyüklüklerinin birbirinden bağımsız olduğu varsayımlarıdır. Talep aralıklarının tahmini için $Y_t = X_t * Z_t$ formülünü kullanmıştır. Burada Y_t t periyodundaki talep miktarı, X_t t periyodunda talep gelip gelmemesi durumu ve Z_t t periyodundaki talep büyüklüğüdür. “p” ortalama talep aralığını simgelerken $1/p$ olasılığı ile talebin gelmesi durumunda $X_t=1$; $1-(1/p)$ olasılığı ile talep

gelmemesi durumunda $X_t=0$ 'dır. Bu bilgiler ışığında talebin gelip gelmemesi durumuna göre tahmin algoritması güncellenir. Eğer t periyodunda talep gelmediyse talep büyüklüğü ve talep aralığı değerleri (t-1) periyodundaki değerle eşitlenir. Talep gelmesi durumunda ise üstel düzeltme talebinin formülleri talep büyüklüğü ve talep aralığı değerleri için uygulanır. “talep büyüklüğü/talep aralığı” oranı ise belirlenen periyot için ortalama talep miktarını verir. Çalışmada bu bilgiler doğrultusunda üstel düzeltme ve Croston yöntemi arasında karşılaştırma yapılmış olup Croston yönteminde stok eksikliği/artan oranlarında iyileşme görülmüştür.

Syntetos v.d. (2005) Croston'ın çalışmasına alternatif bir yöntem geliştirerek üstel düzeltme, Croston yöntemi ve kendi yönteminin karşılaştırmasını yapmıştır. İlk olarak Croston'ın “talep büyüklüğü/talep aralığı” oranının belirlenen periyot için ortalama talep miktarını verdiği savını reddetmiştir. Çünkü “talep büyüklüğü/talep aralığı”nın ortalaması “ortalama talep büyüklüğü/ortalama talep aralığı” oranına eşit değildir. Formülasyon “ortalama talep büyüklüğü * ortalama(1/talep aralığı)” olarak değiştirilerek denklemin geri kalanı revize edilmiştir. Sonrasında Williams (1984) çalışmasından hareketle revize ettiği denklemin kullanım alanlarını kontrol etmiştir. Ortalama talep ağırlığı (ADI) ve talep varyasyon katsayısı (CV^2) değerleri ile yapılan hesaplamada bir kare dört eşit parçaya bölünmüş, yapılan hesaplama ile $ADI=1,32$ ve $CV^2=0,49$ değerleri sınır olarak belirlenmiştir. Yapılan analiz ile karenin $ADI<1,32$ ve $CV^2<0,49$ bölümünde kalan kısmının Croston formülü ile, geri kalan kısmın ise Syntetos Boylan Yaklaşımı (SBA) ile daha iyi tahmin edilebileceği iddiasında bulunulmuştur. Uygulamada 24 aylık bir otomotiv sektörü satış verisi kullanılmış ve 3000 adet SKU'dan hangisinin karenin hangi kısmında kaldığı tespit edilmiştir. Üstel düzeltme, Croston ve SBA karşılaştırması yapılarak iddiayı doğrulayacak şekilde $ADI<1,32$ ve $CV^2<0,49$ bölümünde kalan kısmının Croston yöntemi ile, geri kalan kısmın ise SBA ile daha iyi tahmin edilebildiğini gözlemlemiştir.

Shale v.d. (2006) talep gelişlerinin Poisson dağılımı özelliği göstermesi durumunda kullanılacak bir formül geliştirmiştir. Bunun nedeni mevcuttaki algoritmaların Bernoulli özelliği gösteren veri setlerinde uygulanabilir olmasıdır. Birbirinden bağımsız ve plansız satın alım yapılan durumlarda Poisson dağılımı izleyen veriler ile çalışan Shale Boylan Johnston Yaklaşımının (SBJ) daha iyi sonuç vereceği öngörülmektedir. Uygulama başlangıcında Croston (1972) gibi “ortalama talep = talep büyüklüğü / talep aralığı” varsayımı ile ilerlenir. Zaman serisinin durağan olduğu, parametrelerin ise durağan olmadığı varsayılmıştır. Bu nedenle durağan süreçlere uygun ama sapmalara karşı da dayanıklı bir

tahmin ediciye ihtiyaç duyulmuştur. Tahmin edici için hem basit hem de üstel ortalama hesabı yapılmış, ikisi için de ortalama talep hesabında kullanılan sabit $k = 1 - (\alpha / (2 - \alpha))$ olarak hesaplanmıştır. Talep büyüklüğü ve talep aralığı değerleri Croston yönteminde kullanılan formüllerle hesaplanmış, ortalama talep hesabında kullanılan “talep büyüklüğü / talep aralığı” oranı ile bu sabit katsayı çarpılmıştır. Sonuçlar Croston yöntemiyle kıyaslanmış olup kabul edilebilir bir iyileştirme elde edilmiştir.

Babai v.d. (2014) stok eskimesi problemine çözüm geliştirmek amacıyla aralıklı talep tahmini uygulamasında geliştirme yapmıştır. Croston yöntemindeki iki değişkenden talep aralığı, talep gelme olasılığı olarak güncellenmiştir. Bu durum Teunter Syntetos Babai Yönteminde (TSB), bu yöntem öncesinde geliştirilen formüllerden farklı bir uygulama yapılmasına neden olmuştur. Croston, SBA ve SBJ yöntemlerinde sadece talep gelen periyotlar için hesaplama yapılmakta; TSB yönteminde ise her bir periyodun talep gelme olasılığı talep gelip gelmemesinden bağımsız olarak hesaplanmaktadır. Bir sonraki periyodun talep gelme olasılığı, talep büyüklüğü ve talep aralığı gibi üstel düzeltme yöntemi ile hesaplanır. Bu yöntemde talep büyüklüğü talep geldikçe, talep olasılığı ise her periyotta güncellendiği için iki farklı düzeltme sabiti kullanılır. Ortalama talep miktarına ulaşmak için ise talep olasılığı ile talep büyüklüğü çarpılır. Uygulamada iki farklı veri seti kullanılmıştır. İlk veri seti 24 aylık bir otomotiv satış verisi, ikincisi ise 84 aylık bir havacılık satış verisidir. Otomotiv satış verisinde diğer veri setine kıyasla daha fazla hareketlilik söz konusudur ve Croston, SBA, SBJ ve TSB yöntemleri arasında en düşük yansızlık oranına TSB'nin sahip olduğu gözlemlenmiş, hata oranları ise tüm bu yöntemlerde benzer seyretmiştir. Havacılık veri setinde sonuçlar yansızlık açısından benzer çıkmış, hata oranları açısından ise Croston'ın en iyi performansı verdiği gözlemlenmiştir. Bu durumun hareketliliğin az olmasından kaynaklı olabileceği çalışmada belirtilmiş, kesin sonuçlar için araştırmaların güncellenmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Babai v.d. (2019) daha önce geliştirilmiş olan aralıklı talep tahmin yöntemlerinden faydalanarak yeni bir tahmin yöntemi geliştirmiştir. Bunu yaparken önceki yöntemlerin başarılı olduğu kısımları ve eksiklerini dikkate almıştır. Croston ve SBA yöntemlerinde talep büyüklüğü ve talep aralığı değerleri sadece talep gelen periyotlarda güncellenmektedir. Bu durum verilerin güncel kalmasını zorlaştırmaktadır. TSB yönteminde bu sorun talep gerçekleşme olasılığı hesaplanarak çözülmüş ve teorik hesaplamalarda iyileşme gözlenmiştir. Ne var ki, deneysel uygulamalarda Croston ve SBA yöntemlerinin gerisinde kalmıştır. Bütün bu nedenlerden ötürü Modifiye Edilmiş SBA yöntemi (M-SBA)

çalışılmıştır. M-SBA yönteminde talep büyüklüğü ve talep aralığı sabitleri ayrıştırılmıştır. TSB yöntemine benzer şekilde talep büyüklüğü değeri talep geldikçe, talep aralığı değeri ise her periyotta güncellendiğinden iki farklı sabit kullanılmıştır. Talep büyüklüğü hesaplaması SBA ile aynı şekilde yapılmaktadır. Talep aralığı hesaplaması ise benzerlik göstermekte, sadece kullanılan sabit değiştirilmektedir. İlgili periyot için talep gelmemiş olsa bile o zamana kadarki talep aralığı hesaplanarak, bir önceki periyodun ortalama talep aralığından büyük olması durumunda yeni ortalama talep aralığı hesaplanmaktadır. Ortalama talep büyüklüğü hesaplamasında ise yine SBA formülü kullanılmaktadır, sadece kullanılan sabit talep aralığı sabiti olarak değiştirilmiştir. Uygulamada havacılık ve otomotiv sektörüne ait olan iki farklı veri seti kullanılmıştır. Havacılık veri setinde 84 aylık, otomotiv veri setinde ise 24 aylık veri bulunmaktadır. Her iki veri seti için de SES, Croston, SBA, TSB ve M-SBA yöntemleri ME ve MSE değerlerine bakılarak karşılaştırılmıştır. Her iki veri seti için de en başarılı sonucu M-SBA yönteminin verdiği görülmüştür.

Kaya v.d. (2020) düzensiz talep içeren veri setlerinin tahminini Croston yöntemi ve bu yöntemin üç varyasyonu olan SBA, Leven ve Segerstedt (LS) ve Vinh yöntemleri ile yapmış ve sonuçları karşılaştırmıştır. LS yöntemi, Croston ile benzer şekilde uygulanmakta olup ortalama talep tahmininde “ortalama talep büyüklüğü/ortalama talep aralığı” olarak hesaplama yapılan formül kullanılan sabit (α) ile çarpılmakta, sonuca bir önceki periyoda ait ortalama talep tahmini “ $1-\alpha$ ” ile çarpılarak eklenmektedir. Vinh yönteminde ise Croston türevi yöntemlerden farklı olarak son iki periyodun talep tahmin değerleri ile tahmin yürütülmektedir. Uygulamada Türk Hava Yollarının 500 farklı ürünü için 262 periyottan oluşan yedek parça veri seti kullanılmıştır. Yöntemlerin karşılaştırması için ortalama hata kareköklerinin geometrik ortalamasından (GMAMSE/A) yararlanılmıştır. İlk olarak SBA yaklaşımındaki benzer şekilde veriler sınıflandırılmıştır. Sonrasında düzenli ve düzensiz, aralıklı ve aralıksız gerçekleşmeler için ilgili yöntemlerin kullanım sırasına ilişkin öneride bulunulmuştur. Taleplerin düzenli olması durumunda LS, Vinh, Croston sırasının; diğer durumlarda ise LS, Vinh, SBA ve Croston sırasının izlenmesi yöntemlerin başarısına paralel olarak önerilmiştir.

Pinçe v.d. (2021) yedek parçaların talep tahmininde kullanılması amacıyla aralıklı talep tahmin yöntemlerinin derlemesini yapmıştır. Derlemede, mevcut yöntemleri birçok açıdan karşılaştırmıştır. İlk olarak 21 farklı makaledeki sonuçlar kullanılarak Croston ve SBA yöntemleri karşılaştırılmış ve incelenen çalışmaların %87'sinde SBA'nın daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. İkinci karşılaştırmada Croston ve SBA yöntemleri ayrı ayrı geleneksel

yöntemlerle kıyaslanmıştır. Geleneksel yöntemlere SES, hareketli ortalama ve basit tahminleme yöntemleri dahil edilmiştir. Simüle edilmiş verilerde hem Croston hem de SBA geleneksel yöntemlere göre daha başarılı sonuç verirken gerçek verilerle yapılan çalışmaların da dahil edildiği karşılaştırmada Croston geleneksel yöntemlerin gerisinde kalmıştır (%46-%50). SBA'nın ise burada da iyi sonuç verdiği görülmüştür (%56-%42). Üçüncü karşılaştırmada Croston ve SBA yöntemleri ayrı ayrı yeni parametrik yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Yeni parametrik yöntemlere TSB, M-SBA, hiperbolik üstel düzeltme (HES) vb. yöntemler dahil edilmiştir. Croston yeni parametrik yöntemlerin açık bir şekilde gerisinde kalırken (%19-%81) SBA hemen hemen aynı kesinliği sağlamıştır (%47-%46). Bunun nedeni yapılan simülasyonlarda yeni parametrik yöntemler bariz şekilde SBA'dan iyi sonuçlar verirken (%28-%68), gerçek verilerle yapılan çalışmalarda SBA'nın öne çıkmasıdır (%55-%37). Yapılan bir diğer karşılaştırma parametrik ve parametrik olmayan yöntemler arasındadır. Parametrik olmayan yöntemlere yapay zeka, makine öğrenmesi, yapay sinir ağları vb. yöntemler dahil edilmiştir. İncelenen 9 çalışmada parametrik olmayan yöntemlerin parametrik yöntemlere göre açık bir şekilde daha başarılı (%65-%35) olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak veri birleştirme gibi yöntemlerin yine açık bir şekilde daha başarılı (%65-%35) olduğu görülmüştür.

2.7. Envanter Yönetim Uygulamaları

Daha iyi bir müşteri hizmet seviyesinin elde edilmesi şirketler için önem taşır. Bu amaçla yüksek stok tutmak maliyet oluşturur. Stok seviyesinin az olması ise müşteri taleplerine cevap verememeye neden olabilir. Envanter yönetimi ile optimum stok miktarı ile hizmet seviyesi iyileştirilebilir (Hugo v.d., 2016).

Hugo v.d. (2016) elektronik güç ekipmanları üreten bir firmanın hazır ürün envanterinin yönetimini standart hale getirmek için önerilerde bulunmuştur. Öncelikle veri setinin hazırlandığı çalışmada stok sınıflandırma yaparak ürünlerin gruplara ayrılması, arkasından talep tahminlerini tamamlanması, hedef servis seviyelerinin belirlenmesi sonra envanter yönetimi yapılması önerisinde bulunmaktadır.

Zhu ve Thonemann (2004) kısa bir ürün ömür döngüsüne sahip olan bilgisayar ve cep telefonları için talep tahmini ve buna bağlı olarak envanter yönetimi çalışması yürütmüştür. Çalışmada geleneksel talep tahmini ve stok yönetimi metodlarının ürün yaşam döngüsü özelliklerini dikkate almadığından uygulamada en doğru yöntemler olmayacağı savunulmaktadır. İlk olarak ürün yaşam döngüsüne ilişkin bilgiyi kullanan çalışmada bu

bilgiye istinaden talep tahmini yapılmakta, arkasından da talep tahminine dayanarak bir envanter yönetim politikası oluşturulmaktadır. Ürün yaşam döngüsündeki konuma göre tahmin yürütülmesini sağlayan grafiği oluşturmak için Bayesian ve Bass yöntemleri kıyaslanarak Bass yöntemi seçilmiştir. Ürün yaşam döngüsü algoritması; İkili Üssel Düzeltme (DES), uyumlama ve cebir uygulamaları ile kıyaslanarak kullanılan algoritmanın en iyi sonucu verdiği gösterilmiştir. İlgili çalışma için envanter yönetiminin stoğa yapılan üretime ilişkin planlanması gerektiği, bazı alt malzemeler için talep üzerine yapılan üretim stratejisine uyulmasının doğru olacağı belirtilmiştir. Bu stratejiler ile bir dinamik programlama işletilmiş ve sezgisel yaklaşımlar uygulanmıştır. Envanter yönetimi Newsvendor yöntemi ile yapılmaktadır. Önerilen üç sezgisel yaklaşımdan birincisinde sadece stok eksik ve fazlasının oluşturacağı maliyet hesaba katılmaktadır. İkinci yöntemde gelecek maliyetlerin öngörülerek eklendiği bir uygulama yapılmaktadır. Bu uygulamada hesaba katılan zamandaki talep bir doğrusal denklem ile hesaplanmaktadır. Son yaklaşımda ise ilk yaklaşımın sonucunun stok fazlası üst sınırı olmasının limit olarak eklendiği bir yaklaşım sergilenmektedir. Uygulamada en iyi sonucu ikinci yöntem vermiştir.

Balaji v.d. (2014) otomobil gövdelerinde oldukça sık kullanılan kauçuğun stok yönetimini yapmak için bir envanter sınıflandırma çalışması gerçekleştirmiştir. Çok kriterli bir ABC sınıflandırma (ABC-s) yöntemi önerilen çalışmada standart ABC-s yönteminin odaklandığı yıllık kullanıma ek olarak talep, birim fiyat, birim ağırlık ve şekil kriterleri konulmuştur. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile tüm kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, bu ağırlıklara göre malzemeler sınıflara ayrılmıştır. Daha önce A sınıfı olarak belirlenmiş birçok malzeme C sınıfı, daha önce C sınıfı olarak belirlenmiş birçok malzeme A sınıfı olarak tespit edilmiştir.

Saric v.d. (2014) bir tarım makinesi üretim fabrikasındaki malzemeler için birden fazla stok sınıflandırma metodu kullanarak bunların kıyaslamasını yapmıştır. Kriterler yıllık talep ile birim fiyat çarpımı olan yıllık kullanım, kritiklik faktörü ve teslim süresidir. Sadece yıllık kullanımı baz alan ABC yönteminin yanında AHP, yapay sinir ağları ve k-means clustering kullanılarak sonuçlar tartışılmıştır. ABC yönteminde A tipi stoklar için %10-20, B tipi stoklar için %15-20 ve C tipi stoklar için %60-70 olarak belirlenen stok tutma yüzdeleri diğer tüm yöntemler için ölçülmüştür. Sayılar sırasıyla A, B ve C tipi stokları ifade etmek üzere bu oranlar AHP yönteminde %19,30; % 21,05 ve %59,65; yapay sinir ağları yönteminde %17,54; %19,30 ve %63,16; k-means clustering yönteminde ise %10,52; %26,32 ve %63,16 olarak tespit edilmiştir. Her üç yöntemin de envanter yönetiminde

kullanılabileceği belirtilmiş, yapay sinir ağları ve k-means clustering yöntemlerinin etkinliği AHP ile kıyaslanmıştır. Her iki yöntemin modeli kabul edilebilir şekilde tahmin ettiği, ilerleyen dönemlerde yeni verilerin öğretilmesiyle güncellenecek modelin gerçeğe daha yakın sonuçlar verebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Arıkan ve Çıtak (2017) Türkiye’de güvenlik kamerası, kayıt cihazı, telefon, kablosuz sistemler gibi ekipmanların üretimini yapan bir elektronik firmasındaki çok sayıdaki stok kaleminin sınıflara ayrılması problemini çözmek üzere bir çalışma gerçekleştirmiştir. ABC-s’nin odaklandığı tek kriter olan yıllık kullanımın yanında belirlenen kriterler birim fiyat, teslim süresi, yıllık talep ve kritikliktir. AHP 1970 yılından beri çok kriterli karmaşık problemlerde başarıyla uygulanmakta fakat hiyerarşi seviyesi arttıkça uygulanması zor bir hal almaktadır. İdeal Sonuç Benzerliği Tercihine göre Sınıflandırma Tekniği (TOPSIS)’nin ikili karşılaştırma gereksinimini ortadan kaldırdığı ve kapasite sınırlarını önemli ölçüde azalttığı, bu nedenle çok sayıda alternatife sahip çalışmalar için uygun olduğu belirtilmiş, bu nedenle ABC-s, AHP ve TOPSIS’in birlikte kullanılması önerilmiştir. ABC-s yöntemi ile sırasıyla %93,47; %5,89 ve %0,63’lük parasal yüzdeyi oluşturan A, B ve C tipi stoklar ABC-s-AHP-TOPSIS bütünleşik yöntemde %39,06; %29,96 ve %30,97 olarak hesaplanarak firma için istenen seviyeye getirilmiştir.

2.8. Tezin Literatüre Katkısı

Talep tahmini çalışmaları incelendiğinde genelde düzenli ve devamlı talepler üzerinde çalışıldığı görülmektedir. Düzenli periyotlarla alınan ve sıklığı belirli bir aralık arasında olan talepler bir zaman serisi oluşturmakta, oluşan bu seriye ilişkin çeşitli yöntemlerle tahmin yapılabilmektedir. Aralıklı taleplerde periyodiklik durumu ortadan kalktığından bir zaman serisi oluşturmak zorlaşmaktadır. Bu nedenle daha farklı yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, aralıklı talep çalışmalarında ise genellikle yedek parçalardaki talep belirsizliği üzerinde yoğunlaşıldığı, satış sürecindeki aralıklı talep uygulamalarına literatürde oldukça az rastlandığı görülmektedir. Bu çalışmaya konu olan problemde satış sürecindeki aralıklı talep tahmin ihtiyacı ele alınmıştır. Sıklığı ve periyodu tam olarak belli olmayan müşteri ihtiyaçlarının bulunduğu bir atmosferde, müşteri memnuniyeti birinci öncelik olup stok yönetim çalışmaları ikinci planda kalmaktadır. Proje satışlarını yürüten ekiplerce yıllık talep tahmini yapılmakta, ekipler güvenli alanda kalmak adına fazla veya doğru öngöremediği için eksik taleplerde bulunabilmektedir. Bu nedenlerle talep belirsizliği oldukça yüksektir. Tez sonucunda elde edilen çıktıların benzer çalışma alanlarında da farklı uygulamaların yapılabilmesine katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Bir diğer husus ise

elektronik sektörü ile ilgilidir. Elektronik sektörü ile ilgili talep tahmin çalışmaları irdelendiğinde genelde işletmelerden doğrudan kullanıcıya satılan (B2C – business to customer), rafta hazır ürünlerin talep tahmin çalışmalarına yoğunlaştığı görülmüştür. Güvenlik kameraları işletmelerden farklı işletmelere satışı gerçekleşen (B2B – business to business) ve raftan alınıp tek başına kullanılmayan ürünlerdir. Kullanımı için kurulması, belirli sistemler ve yazılımlarla entegre olması gerekmektedir. Bu bağlamda literatürde talep tahmini yapılan ürünlerden ayrılmaktadır. Güvenlik kameraları ya da bu anlatılan kapsama uyan benzer ürünlere yönelik çalışmalar araştırıldığında sayılarının oldukça az olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmanın elektronik sektöründe de farklı çalışmalar yapılabilmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

3. YÖNTEM

Sıklığın ve talep miktarının değişken olduğu çalışmada, aralıklı talep tahminine ilişkin çeşitli yöntemler veri seti üzerinde uygulanmış olup sonuçlar karşılaştırılmıştır. Uygulanan yöntemlerden regresyon analizi basit bir temele dayandığından sadece uygulama kısmında yer alacaktır. Bu kısımda, klasik yöntemler ile aralıklı talep tahmin yöntemlerinden bahsedilecektir. Kullanılacak notasyon takip eden şekildedir.

ADI: Talepler arasındaki aralık ortalaması (Average between demand interval)

CV²: Varyasyon katsayısının karesi (Square of coefficient of variation)

Y_t = t periyodundaki talep gerçekleşmesi

Y'_t = t periyodundaki ortalama talep gerçekleşme tahmini

Z_t = t periyodundaki talep büyüklüğü

Z'_t = t periyodundaki ortalama talep büyüklük tahmini

p_t = t periyodunda talep gelme olasılığı

($p_t = 1$; t periyodunda talep geldi ise

$p_t = 0$; t periyodunda talep gelmedi ise)

p'_t = t periyodunda talep gelmesine yönelik tahmin edilen olasılık ($0 \leq p'_t \leq 1$)

T_t = t periyodundaki talep aralığı

T'_t = t periyodundaki ortalama talep gelme süresi tahmini

λ_t = t periyodundaki trend

L_t = t periyodundaki mevsimsellik

s = bir yıl içerisindeki sezon sayısı (ay, mevsim vb.)

α, β, γ = düzeltme katsayıları ($0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1$)

$E(X)$ = ortalama X değeri

3.1. Klasik Üstel Düzeltme Yöntemleri

3.1.1. Basit Üstel Düzeltme

Bu yöntem, temel olarak trend ya da mevsimselliğin olmadığı bir veri setinde gelecek periyotların talep tahmini için kullanılmaktadır. Yöntem, hem düzgün dağılan talep serilerinin hem de aralıklı taleplerin tahmininin temelini oluşturmaktadır.

Basit Üstel Düzeltme ile (Single Exponential Smoothing – SES) önceki periyotlardaki talep miktarı kullanılarak t. periyottaki talep 3.1 numaralı denklem ile gibi tahmin edilir.

$$Y'_t = Y'_{t-1} + \alpha(Y_{t-1} - Y'_{t-1}) \quad (3.1)$$

Burada “ $Y_{t-1} - Y'_{t-1}$ ” farkı tahmin hatasını temsil etmektedir. Bu hata α parametresi ile düzeltilmektedir. Sonrasında ise bir önceki periyot tahmininin (Y'_{t-1}) üzerine eklenerek t. periyodun talep tahmini yapılmaktadır. Formül 3.2’deki şekli ile daha sık kullanılmaktadır (Boylan ve Syntetos, 2021).

$$Y'_t = \alpha Y_{t-1} + (1 - \alpha)Y'_{t-1} \quad (3.2)$$

α parametresi daha önce de bahsedildiği üzere hata payından kurtulmak amacıyla kullanılır. Aynı zamanda periyotlara verilen ağırlıkların nasıl olacağı da yine α parametresi ile belli olur. α ’nın değeri arttıkça son periyotlara verilen ağırlık da artmış olur. Bu sebeple SES’e Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (Exponential Weighted Moving Average – EWMA) adı da verilmektedir.

3.2 numaralı formüldeki denklem tüm zamanlar için yazılarak t. periyottaki talep 3.3’te yer alan eşitlik ile tahmin edilir.

$$Y'_t = \alpha Y'_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)Y_{t-2} + \alpha(1 - \alpha)^2 Y_{t-3} + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{t-1} Y_1 \quad (3.3)$$

3.1.2. İkili Üstel Düzeltme

SES’in gelişmiş versiyonu olan İkili Üstel Düzeltme (Double Exponential Smoothing – DES) zaman serisinin trendini de hesaba katmaktadır. Üstel düzeltme yapılan tahmin değeri ve trend ile denklem oluşturulduğundan iki değişken bulunmaktadır. Her değişken için bir düzeltme faktörü tanımlanmaktadır. Bu düzeltme faktörleri 0 ile 1 arasında değer almakta olup 0’a yakın olmaları durumunda ilk verilere, 1’e yakın olmaları durumunda ise son verilere daha çok önem veren bir denklem ortaya çıkmaktadır. Hesaplama yapılırken ikinci periyottaki üstel düzeltme ve trend değerlerinden başlanır. Bunun nedeni ilk trend değerinin ilk iki gözleme göre oluşuyor olmasıdır (Bülbül, 1994). 3.4 numaralı denklemde yer alan hesaplama ile istenilen periyoda ait tahmin değeri hesaplanır.

$$Y'_2 = Y_2$$

$$\lambda_2 = Y_2 - Y_1$$

$$Y'_3 = \alpha Y_3 + (1 - \alpha)(Y_2 + \lambda_2)$$

$$\lambda_3 = \beta(Y'_3 - Y'_2) + (1 - \beta)\lambda_2$$

$$\begin{aligned}
Y'_4 &= \alpha Y_4 + (1 - \alpha)(Y_3 + \lambda_3) \\
\lambda_4 &= \beta(Y'_4 - Y'_3) + (1 - \beta)\lambda_3 \\
&\dots
\end{aligned}
\tag{3.4}$$

$$\begin{aligned}
Y'_t &= \alpha Y_t + (1 - \alpha)(Y_{t-1} + \lambda_{t-1}) \\
\lambda_t &= \beta(Y'_t - Y'_{t-1}) + (1 - \beta)\lambda_{t-1}
\end{aligned}$$

3.1.3. Üçlü Üstel Düzeltme

Winters metodu olarak da bilinen Üçlü Üstel Düzeltme yönteminde, denkleme gözlem ve trend değerlerinin yanında üçüncü bir değişken daha eklenmiştir. Bu değişken mevsimseliktir. Verilerde belirli sıklıklarla tekrarlayan, bir veya birkaç periyodu kapsayan farklı bir hareketlilik söz konusuysa veride mevsimsellik olduğu sonucuna varılır (Montgomery v.d., 2015) İki farklı uygulaması vardır. Bu uygulamalar aşağıda detaylandırılmıştır.

3.1.3.1. Toplamsal Model

Toplamsal modelin temelini, mevsimselliğin denkleme toplam olarak dahil edilmesi oluşturur. Mevsimsellik olan ve olmayan periyotlar benzer bir trend gösteriyorsa (örneğin her ikisi de lineer bir grafik oluşturuyorsa) toplamsal modelin daha uygun olduğu sonucuna varılır (Montgomery v.d., 2015). Toplamsal Winters modeli 3.5 numaralı denklemde yer almaktadır.

$$\begin{aligned}
Y'_t &= \alpha(Y_t - L_{t-s}) + (1 - \alpha)(Y_{t-1} + \lambda_{t-1}) \\
\lambda_t &= \beta(Y'_t - Y'_{t-1}) + (1 - \beta)\lambda_{t-1} \\
L_t &= \gamma(Y_t - Y'_t) + (1 - \gamma)L_{t-s}
\end{aligned}
\tag{3.5}$$

3.1.3.2. Çarpımsal Model

Mevsimsellik olan ve olmayan periyotlar arasında bir orantı bulunuyorsa çarpımsal model daha uygun olacaktır (Montgomery v.d., 2015). Çarpımsal Winters modeli 3.6 numaralı denklemde verilmiştir.

$$\begin{aligned}
Y'_t &= \frac{\alpha Y_t}{L_{t-s}} + (1 - \alpha)(Y_{t-1} + \lambda_{t-1}) \\
\lambda_t &= \beta(Y'_t - Y'_{t-1}) + (1 - \beta)\lambda_{t-1}
\end{aligned}
\tag{3.6}$$

$$L_t = \gamma \left(\frac{Y_t}{Y'_t} \right) + (1 - \gamma)L_{t-s}$$

3.2. Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri

3.2.1. Aralıklı Talep Kavramı ve Aralıklı Taleplerin Tahmini

Talep tahmini yapılırken kullanılan iki ana unsur talebin gelme periyodu ve gelen talep miktarıdır. Yukarıda açıklanan yöntemlerde belirli bir talep miktar aralığı ve belirli aralıklarda seyreden talep miktarları ile ilerleyen periyotların talep tahmini yapılmaktadır. Fakat bazı talep tahmin çalışmalarında bu iki unsurun belirli aralıklarla seyretmediği görülmektedir. Kimi çalışmalarda talebin geldiği sıklık değişkenlik göstermekte, kimi çalışmalarda gelen talebin miktarı farklılaşmakta, kimilerinde ise hem talep sıklığı hem de talep miktarı düzensiz seyretmektedir. Bu tür düzensizlikler ile gerçekleşen talepler “aralıklı talep” olarak isimlendirilmektedir (Boylan ve Syntetos, 2021).

Aralıklı taleplerin düzenlenmesi ve düzenli bir veri seti ile tahmin yapılabilmesi için iki önemli unsur bulunmaktadır. Bu unsurlar, klasik talep tahmin yöntemlerindeki iki temel unsurun aralıklı taleplere göre düzenlenmiş halidir. Aralıklı talep tahmininde; periyot ifadesi yerini talebin gelme periyoduna, talep miktarı ise yerini talep geldiğindeki talep büyüklüğüne bırakmaktadır. Örneğin; bir ürün için kimi periyotlarda talep geldiği kimilerinde gelmediği düşünüldüğünde bu durum klasik ve aralıklı talep açısından Tablo 1’de gösterilmektedir (Boylan ve Syntetos, 2021).

Tablo 1. Klasik Talep Gösterimi

Periyot (t)	1	2	3	4	5	6
Talep Miktarı (Y _t)	5	0	7	0	0	5

Bölüm başındaki notasyonda Tablo 1’deki periyotlar t, talep miktarları ise Y olarak simgelenmiştir. t=1 için Y₁=5, t=3 için Y₃=7, t=6 için Y₆=8 ve diğer zaman dilimleri için Y₂=Y₄=Y₅=0 olduğu görülmektedir. Bu taleplerin aralıklı talep cinsinden gösterimi Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Aralıklı Talep Gösterimi

Talep Aralığı (T _t)	1	2	3
Talep Büyüklüğü (Y _t)	5	7	5

Yukarıda görüldüğü gibi veri setindeki düzensizlikten kurtulmak amacıyla gerçekleşme gözlenmeyen periyotlar denklemden çıkarılmaktadır. Bunun yerine, talep gelme periyodu değişken olduğundan her bir talebin önceki talepten ne kadar sonra geldiği ve bu süre zarfında ne büyüklükte bir talep geldiği not edilmektedir (Boylan ve Syntetos, 2021).

Aralıklı talep hesaplamasında T ile gösterilen ortalama talep süresi ve Z ile gösterilen talep büyüklüğü değişkenleri kullanılmaktadır. Tablo 2’de gösterilen değerlerin açıklamaları Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3. Aralıklı Talep Gösterim Sembolleri

t	Y_t	T_t	Z_t
1	5	1	5
2	0	-	-
3	7	2	7
4	0	-	-
5	0	-	-
6	5	3	5
7	6	1	6

7 periyot için de ifade edilmiş olan t ve Y değerlerine karşılık aralıklı talep değişkenlerinin kimi periyotlarda hesaplanamadığı görülmektedir. Bunun nedeni t periyodunda talep gelmemiş olmasıdır. $t=1$ periyodunda talep gelmiş olduğu için Y_1 değeri hesaplanabilmiştir. Bu nedenle talep aralığı periyot ile ($T_1=t=1$) ve talep büyüklüğü talep gerçekleşmesi ile ($Y_1=Z_1=5$) aynı kalmıştır. $t=2$ periyoduna gelindiğinde ise durum değişmektedir. Gerçekleşme olmadığından T ve Z değerleri hesaplanamamıştır. Bu nedenle $t=3$ periyodunda iki periyodun kümülatif gerçekleşmesi alınmış ve $T_3=2$ ($t=2$ ve $t=3$ periyotları) olmuştur. Z_3 ise $t=3$ periyodundaki toplam talep büyüklüğüdür. Burada son gerçekleşmeden sonraki taleplerin toplamı alınır ve $Z_3=7$ denir.

$t=4$ ve $t=5$ için talep alınmadığından Z ve T değerleri hesaplanmamış ve $t=6$ periyoduna gelinmiştir. $t=6$ ’da talep alındığından talep aralığı ve büyüklüğü hesabında son üç periyodun kullanılacağı anlaşılmıştır. Bu nedenle $T_6=3$, yani $t=6$ periyodundaki talep gelme süresi 3 birimdir. $t=6$ ’daki talep büyüklüğü ise son üç periyotta gelen talebin büyüklüğüdür, ilk iki periyodun gerçekleşmesi 0, son periyodunki ise 5 olduğundan $Z_6=5$ olarak not edilir. Benzer mantık ile $T_7=3$ ve $Z_7=5$ olacaktır.

Aralıklı talep tahmininde çıkış noktası ortalama talebin değişmemesidir (Croston, 1972). Bu varsayım ile; talep periyodu ve miktarı değişkenlik gösterse de sonraki süreç tahmin edilebilmektedir. Ne var ki, periyotlar sabitlenemediğinden tahmin yapılacak periyotlar için toplam bir tahmin yapılabilecek; bu tahmin her periyoda eşit olarak dağıtılacaktır. Bir başka

deyişle ortalama talep hesaplanacaktır. İlk olarak Croston (1972) tarafından ortaya atılan bu varsayımda zamanla faydalı revizyonlar yapılmış olsa da; talep büyüklüğünün talep gelme periyoduna oranı ortalama talep miktarını verdiğiinden, aralıklı talep tahmin çalışmalarında tahmin edilmek istenen dönemin talep ortalaması hesaplanmaktadır (Boylan ve Syntetos, 2021). Bu nedenle bu tez çalışmasında öncelikle aşağıda sıralanan yöntemler ile yıllık talep miktarları hesaplanacak, sonrasında ise hesaplanan değerler Silver-Meal, En Az Birim Maliyet ve Talep için Parti yöntemleri ile çeyreklere paylaştırılacaktır.

3.2.2. Croston Yöntemi

Croston yöntemi stok kontrolü açısından klasik yöntemlere kıyasla oldukça düzensiz bir veri setine sahip ürünlerin talep tahmini için tasarlanmış bir yöntemdir. Literatürde bu alanda yapılmış ilk çalışmadır (Boylan ve Syntetos, 2021).

Croston (1972), SES'in aralıklı talep tahmini için kullanılabilir bir versiyonunu geliştirmiştir. SES için, aralıklı gerçekleşme gösteren taleplerde kullanılması durumunda yanlış tahmin öngörülerini oluşacağını belirtmiştir. 3.2'de yer alan eşitlik her periyot için tekrarlandığında, Y_{t-1} değeri 0 olarak gerçekleştiğinde, her bir t periyodu tahmin değeri (Y'_t) daha düşük olarak hesaplanacaktır. Bu nedenle SES, aralıklı talep tahmini için uygun bir metod değildir ve Croston yansız tahmin öngörülerini oluşması amacıyla yeni bir yöntemi uygulamaya koymuştur (Boylan ve Syntetos, 2021).

Uygulanan yöntemde talep iki önemli bileşene ayrılmaktadır, bunlar;

- i) Sabit bir olasılık ile gerçekleşen ve Bernoulli dağılım özellikleri gösteren talepler
- ii) Sabit bir ortalama ve varyans ile normal olarak dağılan talep büyüklükleri

olarak tanımlanmıştır.

Varsayıma göre; ardışık talep aralıkları hafızasız olan Bernoulli sürecinden kaynaklı olarak bağımsızdır. Bu süreç talepler arasındaki aralığın geometrik olarak dağılmasına yol açar. İkinci varsayımda ise talepler değil, talep büyüklüklerinin normal dağıldığı belirtilse de talep büyüklükleri de sıklıkla değişken seyretmektedir. Ayrıca Croston'ın önermiş olduğu yöntemin uygulamasında bu varsayıma ihtiyaç duyulmamaktadır. Uygulamada iki adet varsayıma daha yer verilmektedir (Boylan ve Syntetos, 2021).

- iii) Talep büyüklükleri ile talep aralıkları birbirinden bağımsızdır.
- iv) Ardışık talep büyüklükleri birbirinden bağımsızdır.

Bu yaklaşımlarla 3.7'deki denklem kurulur.

$$T'_t = T'_{t-1} + \alpha(T_{t-1} - T'_{t-1})$$

$$Z'_t = Z'_{t-1} + \alpha(Y_{t-1} - Z'_{t-1}) \quad (3.7)$$

$$Y'_t = Z'_t/T'_t$$

3.7 numaralı denklemde amaç iki temel değişken olan talep büyüklüğü ve talepler arasındaki sürenin SES denklemine göre hesaplanması, sonra da bu iki bağımsız faktörün oranlanması ile istenen periyot için ortalama talep tahmininin yapılmasıdır.

$$T'_t = T'_{t-1}, Z'_t = Z'_{t-1}, Y'_t = Y'_{t-1} \quad (3.8)$$

Aralıklı talep tahminini farklılaştıran kimi periyotlarda herhangi bir talep alınmamasıdır. Bu sebeple talepler arası sürelerin ortalaması alınarak işlemler gerçekleştirilir. t. periyot için talep gelmediği durumda, 3.8 numaralı denklemde görüldüğü üzere (t+1). periyodun talep tahmini (t-1). periyottaki tahmin değerine göre hesaplanır. Bu, her periyotta talep alınan bir veri setinde denklemi SES'ten farksız kılar (İpek, 2019). Talep gelen periyotlar için ise 3.6'daki denklem kullanılarak tahmin değerleri hesaplanır.

Tablo 4'te yer alan örnek için Croston yöntemi kullanılarak 7. Periyot için ortalama talep tahmini aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 4. Croston Talep Tahmin Örneği

t	Z _t	T _t	Y _t	Croston-Z	Croston-T	Croston-Y
1	5	1	5	-	-	-
2	-	-	0	-	-	-
3	7	2	7	6,00	1,50	4,00
4	-	-	0	6,20	1,60	3,88
5	-	-	0	6,20	1,60	3,88
6	5	3	5	6,20	1,60	3,88
7	6	1	6	5,96	1,88	3,17

Tabloda yer alan hesaplamalar 3.6 numaralı denklemde yer alan formüle göre gerçekleştirilmiş, $\alpha=0,20$ alınmıştır. Burada kullanılacak α sabiti çıkacak sonucu değiştirecektir. α sabiti üstel düzeltmenin derecesini belirlemekte olup 1'e yaklaştıkça daha yüksek bir düzeltme söz konusu olmaktadır. Sabitin büyüklüğüne hesaplamayı yapan ekip karar verebileceği gibi uygulama esnasında kullanılan araçlarca da hesaplanabilir.

İlk hesaplama $t=3$ periyodunda yapılabilmektedir. 3.6 numaralı denklemdeki talep büyüklüğü ve aralığı hesaplamasında (t-1) anının tahmin değerleri hesaplanamadığından,

gerçekleşme gözlemlenen t=1 ve t=3 periyotlarındaki değerlerin ortalaması alınmıştır. t=7 periyodundaki talep tahmini için ise, $Z'_6=Z'_5=Z'_4=6,20$ alınarak Z'_7 hesaplanır. t=4, t=5 ve t=6 periyotlarındaki Z' değerlerinin eşitlenmesinin nedeni 3.7 numaralı denklemde görüldüğü gibi bir periyotta talep gelmemesi durumunda Z' , T' ve Y' değerlerinin bir önceki periyoda eşitlenmesidir. $Y_6=0$ değeri de hesaba katılarak aşağıdaki hesaplama yapılır.

$$Z'_7 = Z'_6 + \alpha(Y_6 - Z'_6) = 6,20 + 0,20(0 - 6,20) = 5,96$$

T'_7 de Z'_7 'ye benzer şekilde hesaplanır. $T'_6=T'_5=T'_4=1,60$ ve $T_6=0$ alınarak aşağıdaki hesaplama yapılır.

$$T'_7 = T'_6 + \alpha(T_6 - T'_6) = 1,60 + 0,20(0 - 1,60) = 1,88$$

3.6 numaralı denkleme göre t. periyodun talep tahmini t. periyot talep büyüklüğü ve talep aralığı değerlerinin ortalamasıdır. Y'_6 değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Y'_6 = \frac{Z'_6}{T'_6} = \frac{5,96}{1,88} = 3,17$$

3.2.3. Syntetos-Boylan Yaklaşımı

Syntetos ve Boylan (2005), Croston yönteminin temel yaklaşımının hatalı olduğunu ve düzeltme ihtiyacı bulunduğunu savunur. 3.6 numaralı denklemde ortalama talep büyüklüğü ile ortalama talep sıklığının oranı ortalama talebi vermektedir. Ne var ki, payda kısmında yer alan ortalama talep miktarı denkleme bu şekilde dahil olamamaktadır. Bunun nedeni talep sıklığının 1'e oranının ortalamasının, ortalama talep sıklığının 1'e oranı ile aynı değeri taşımasıdır.

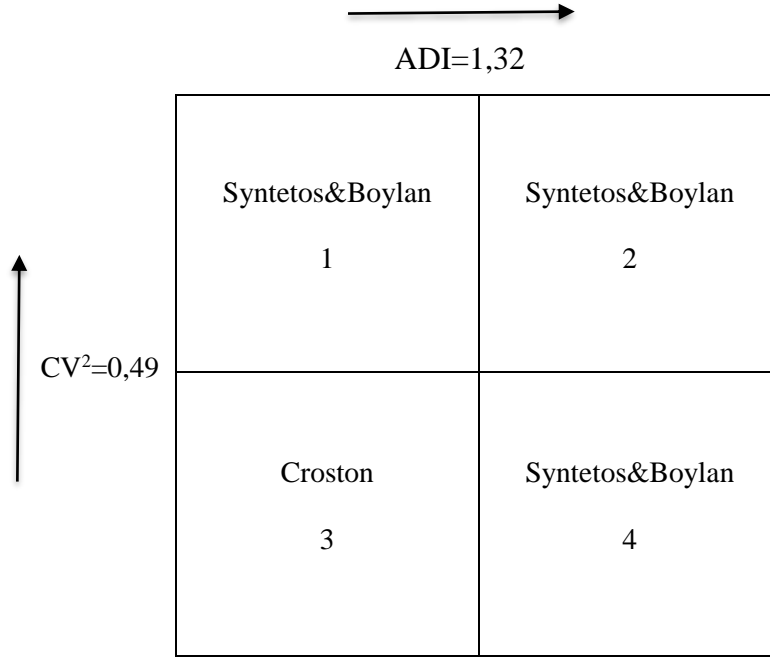
$$E\left(\frac{Z'_t}{T'_t}\right) = E(Z'_t)E\left(\frac{1}{T'_t}\right) \neq \frac{E(Z'_t)}{E(T'_t)} \quad (3.9)$$

Croston'ın çalışmasında SES'teki noktasal yanlışlık giderilmiş olsa da oransal bir yanlışlık problemi ortaya çıkmıştır. Bu problem uzun vadede fazla talep öngörüsünde bulunulması ile sonuçlanabileceğinden risklidir. Bu nedenle, t. periyottaki talebin tahmin edilmesi için denkleme yansız tahmin edici olan α dahil edilmiştir (Boylan ve Syntetos, 2021).

$$Y'_t = \frac{(1-\frac{\alpha}{2})Z'_t}{T'_t} \quad (3.10)$$

3.10 numaralı denklemin kullanılması bazı durumlarda uygunken bazı durumlarda ise değildir. Literatürdeki çalışmaların düzenli ve devamlı stok hareketlerinin kontrolüne yönelik olduğunu düşünerek dağınık ve devamlı olmayan talepler için alternatif çözüm

yöntemleri araştıran Williams (1984) çalışmasından hareketle Şekil 1'deki diyagram oluşturulmuş ve talep türleri ayrıştırılmıştır (Syntetos ve Boylan, 2005).



Şekil 1. SBA'ya göre Uygulama Sınır Değerleri

Syntetos-Boylan Yaklaşımına (SBA) göre ADI ve CV^2 değerlerine göre aşağıda bahsedilecek uygulamalar tercih edilmelidir. Uygulamalara geçilmeden önce ADI ve CV^2 değerlerine ilişkin bilinmesi gerekenler aşağıda sunulmuştur.

- ADI, talepler arasındaki ortalama geçen zamanı simgeler. Bu hesaplamanın yapılmasındaki amaç, aralıklı taleplerde talep gelmeden geçilen periyotların da dahil edildiği bir bütünleşik hesaplama sunulmasıdır. ADI'ya ilişkin hesaplanan 1,32 değeri çalışmadaki periyodik değerdir. Örneğin aylık hesaplama yapılıyorsa, ADI'nın 1,32 aydan az (veya 1,32 aya eşit) olması durumunda 1 veya 3. bölge, ADI'nın 1,32 aydan fazla olması durumunda ise 2 veya 4. bölgede kalınacaktır.
- CV^2 , talepler arasındaki varyasyon katsayısının karesidir. Varyasyon katsayısı, veri setinin standart sapmasının ortalamasına oranına eşittir. Bu oranın karesi alındığında bulunan sonuç olan $CV^2 \leq 0,49$ durumunda 3 veya 4. bölgede, $CV^2 > 0,49$ durumunda ise 1 veya 2. bölgede çalışılacaktır.
 - a. 3 numaralı bölgede $ADI \leq 1,32$ ve $CV^2 \leq 0,49$ 'dur. Her iki değer de sınır değerden küçük olması talebin düzenli ve devamlı olduğu anlamını taşır. 3 numaralı bölge

düzensiz talep bölgesidir. SBA'ya göre bu durumda Croston yöntemi ile ilerlemek uygundur.

- b. 1 numaralı bölgede $ADI \leq 1,32$ ve $CV^2 > 0,49$ 'dur. Bu durum talebin devamlı olduğu ama düzenli olmadığı, yani talebin belirli bir sıklıkta geldiği ama miktarının belirsiz olduğu anlamına gelir. 1 numaralı bölge değişken talep bölgesidir. SBA'ya göre bu durumda SBA ile ilerlemek uygundur.
- c. 4 numaralı bölgede $ADI > 1,32$ ve $CV^2 \leq 0,49$ 'dur. Bu durum talebin düzenli olduğu ama devamlı olmadığı, yani talebin sıklığının değiştiği ama geldiği anda belli bir aralıkta geldiği anlamına taşır. 4 numaralı bölge aralıklı talep bölgesidir. SBA'ya göre bu durumda SBA ile ilerlemek uygundur.
- d. 2 numaralı bölgede $ADI > 1,32$ ve $CV^2 > 0,49$ 'dur. Bu durum talebin ne düzenli ne de devamlı olmadığı, yani talebin sıklığının ve miktarının belirsiz olduğu anlamına gelir. 2 numaralı bölge düzensiz olmayan talep bölgesidir. SBA'ya göre bu durumda yine SBA ile ilerlemek uygundur.

SBA'ya göre uygulamaya geçmeden önce veri setinin bu dört bölgeden hangisinde kaldığını bilmek önemlidir. Eğer 1, 2 veya 4. bölgede çalışıldığı sonucuna ulaşıldıysa SBA ile devam edilir ve 3.11'de yer alan formüller kullanılır.

$$\begin{aligned}T'_t &= T'_{t-1} + \alpha(T_{t-1} - T'_{t-1}) \\Z'_t &= Z'_{t-1} + \alpha(Y_{t-1} - Z'_{t-1}) \\Y'_t &= (1 - \frac{\alpha}{2})Z'_t/T'_t\end{aligned}\tag{3.11}$$

t. periyotta talep alınmaması durumunda tıpkı Croston yöntemindeki gibi (t+1). periyodun tahmini (t-1). periyoda göre yapılır. Burada yine 3.8 numaralı denklem kullanılarak hesaplama yapılır.

Tablo 5'te yer alan örnek için SBA yöntemi kullanılarak 7. Periyot için ortalama talep tahmini aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 5. SBA Talep Tahmin Örneği

t	Z _t	T _t	Y _t	SBA-Z	SBA-T	SBA-Y
1	5	1	5	-	-	-
2	-	-	0	-	-	-
3	7	2	7	6,00	1,50	3,60
4	-	-	0	6,20	1,60	3,49
5	-	-	0	6,20	1,60	3,49
6	5	3	5	6,20	1,60	3,49
7	6	1	6	5,96	1,88	2,85

3.10 numaralı denklemde görüldüğü gibi Z'_t ve T'_t değerlerinin hesaplanma şekli Croston yöntemi ile aynıdır. Y'_t hesaplamasında ise bu iki değerlerin oranı (1-1/α) değeri ile çarpılır. Bu nedenle ortalama talep değerleri daha farklı bulunacaktır. Croston örneği ile aynı şekilde α=0,20 alınmıştır. Yapılan hesaplama ile 6. periyodun ortalama talep tahmini aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Y'_{7} = \frac{\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) Z'_{7}}{T'_{7}} = \frac{(1 - 0,10)5,96}{1,88} = 2,85$$

3.2.4. Shale-Boylan-Johnston Yöntemi

SBA, zaman aralıklarının geometrik dağıldığını varsayarak ortalama talep tahmini yapan bir yöntemdir. Shale, Boylan ve Johnston Yöntemi (SBJ) ise bu yaklaşıma farklı bir düzeltme faktörü sunar. Sunduğu yaklaşım ile Poisson, negatif üssel ve Erlang dağılımlarına uygun bir düzeltme faktörü türetilmiştir (Shale v.d., 2016). t. periyotta talep alınıp alınmaması durumuna bağlı olarak 3.12'de yer alan eşitlikler ile hesaplama yapılır.

$$\begin{aligned} T'_t &= T'_{t-1} + \alpha(T_{t-1} - T'_{t-1}), \\ Z'_t &= Z'_{t-1} + \alpha(Y_{t-1} - Z'_{t-1}), \\ Y'_t &= \left(1 - \frac{\alpha}{2 - \alpha}\right) Z'_t / T'_t \end{aligned} \tag{3.12}$$

t. periyotta talep alınmaması durumunda yine SBA ve Croston yöntemindeki gibi 3.8 numaralı denklem kullanılarak (t+1). periyodun tahmini (t-1). periyoda göre yapılır.

Tablo 6'da yer alan örnek için SBJ yöntemi kullanılarak 7. Periyot için ortalama talep tahmini aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 6. SBJ Talep Tahmin Örneği

t	Z _t	T _t	Y _t	SBJ-Z	SBJ-T	SBJ-Y
1	5	1	5	-	-	-
2	-	-	0	-	-	-
3	7	2	7	6,00	1,50	4,40
4	-	-	0	6,20	1,60	3,44
5	-	-	0	6,20	1,60	3,44
6	5	3	5	6,20	1,60	3,44
7	6	1	6	5,96	1,88	2,82

3.11 numaralı denklemde görüldüğü gibi Z'_t ve T'_t değerlerinin hesaplanma şekli Croston ve SBA yöntemleri ile aynıdır. Y'_t hesaplamasında ise bu iki değerlerin oranı (1-(α/2- α)) değeri ile çarpılır. Bu nedenle ortalama talep değerleri daha farklı bulunacaktır. Croston ve SBA yöntemleri ile aynı şekilde α=0,20 alınmıştır. Yapılan hesaplama ile 6. periyodun ortalama talep tahmini aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Y'_{7} = \frac{\left(1 - \frac{\alpha}{2 - \alpha}\right) Z'_{7}}{T'_{7}} = \frac{\left(1 - \frac{0,20}{1,80}\right) 5,96}{1,88} = 2,82$$

3.2.5. Teunter-Syntetos-Babai Yöntemi

Bu yöntem ani olarak piyasadan kalkma durumunun önüne geçmek için geliştirilmiştir. Her ürün bir yaşam döngüsünü takip ederek piyasada var olur. Klasik ürün yaşam döngüsü giriş, büyüme ve olgunluk aşamasının ortasına kadar sürekli artan ve olgunluk aşamasının ortası itibariyle sürekli azalan bir talep olarak özetlenebilmektedir. Teunter Syntetos Babai Yöntemi (TSB) ile düşüş aşamasında taleplerde tekrar bir artış olabileceği varsayımında bulunulmuştur (Boylan ve Syntetos, 2021).

TSB'de aralıklı talep tahmin notasyonuna talep gelme değeri eklenmiştir. Bu değer talep gelmesi durumunda 1, gelmemesi durumunda 0 olarak kabul edilecektir.

Talep gelmesi durumunda (O_t = 1) 3.13'teki denklem kullanılır:

$$\begin{aligned} p'_{t} &= p'_{t-1} + \beta(1 - p'_{t-1}) \\ Z'_{t} &= Z'_{t-1} + \alpha(Y_{t-1} - Z'_{t-1}) \\ Y'_{t} &= p'_{t}Z'_{t} \end{aligned} \tag{3.13}$$

Talep gelmemesi durumunda (O_t = 0) ise 3.14'te yer alan denklem kullanılır:

$$p'_{t} = p'_{t-1} + \beta(0 - p'_{t-1})$$

$$Z'_t = Z'_{t-1} \quad (3.14)$$

$$Y'_t = p'_t Z'_t$$

Burada şimdiye kadarki yaklaşımların aksine iki düzeltme sabiti kullanıldığı görülmektedir. Bunun nedeni talep gelme olasılığının talep gelme aralığından daha sık güncellenmesidir. Talep gelme olasılığı her periyotta güncellenirken talep gelme aralığı talep geldikçe güncellenmektedir. (Boylan ve Syntetos, 2021).

Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus da talep tahmininin her dönem güncellenmesidir. Şu ana kadar bahsedilen tüm yöntemlerde t. periyottaki talebin sıfırdan büyük olması durumunda hesaplama yapılmaktadır. t. periyottaki talebin sıfıra eşit olması durumunda ise ortalama talep, talep büyüklüğü ve talepler arası geçen zaman değerleri (t-1). periyottaki değerlere eşitlenmektedir. Buna karşın Babai v.d. (2014) 3.13 ve 3.14'te yer alan denklemler doğrultusunda her periyotta güncelleme yapmaktadır. Bu durum, TSB'nin ani eskime riskine karşı Croston (1972) ve bu çalışmanın devamı olan diğer yöntemlerden daha etkili olduğu anlamına gelmektedir.

Taleplerin ani bir şekilde düşmesi ya da sıfırlanması durumunda da yine TSB, Croston ve SBA yöntemlerinden daha etkili olacaktır. Croston ve SBA yöntemleri de başarılı tahminlerde bulunma potansiyelindedir, ancak bu yöntemler talebin geldiği periyotlarda talep tahminini güncellediğinden yavaş kalacak, TSB olasılık hesabıyla gerçekçi tahminleri daha hızlı yapabilecektir (Boylan ve Syntetos, 2021).

Tablo 7'de yer alan örnek için TSB yöntemi kullanılarak 7. Periyot için ortalama talep tahmini aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Tablo 7. TSB Talep Tahmin Örneği

t	Z _t	T _t	Y _t	TSB-Z	TSJ-p	TSB-Y
1	5	1	5	-	-	-
2	-	-	0	-	-	-
3	7	2	7	6,00	0,67	4,00
4	-	-	0	6,20	0,68	4,24
5	-	-	0	6,20	0,65	4,02
6	5	3	5	6,20	0,62	3,82
7	6	1	6	5,96	0,64	3,79

Tablo 7'de diğer yöntemlerden farklı olarak 3. periyottan sonraki tüm periyotlar için talep tahmini yapıldığı görülmektedir. Bunun nedeni, 3.13 ve 3.14 numaralı denklemlerde

belirtildiği gibi talep aralığı değil talep gelme olasılığı ile hesaplama yapılmasıdır. Diğer aralıklı talep tahmin yöntemlerinin aksine TSB yönteminde sadece talep gelen periyotlar için değil, tüm periyotlar için hesaplama yapıyor olmasıdır.

Tüm periyotlarda hesaplama yapılabilmesi için p' değerinin hesaplanması gerekir. İlk p değeri 3. periyotta hesaplanmıştır. $p'=1/ADI$ formülü ile hesaplama yapılmıştır. 6. periyot tahmin ediliyor olduğu için ADI değeri ilk 5 periyodun talep aralığı ortalaması olacaktır. Talep gelmeyen periyotlar dikkate alınmadığından $t=1$ ve $t=3$ periyotlarının ortalaması alınarak $ADI=1,50$ olarak bulunur. p' değeri ise $p'=1/1,50=0,67$ olarak hesaplanır. Z'_3 değeri şimdiye kadar anlatılan diğer yöntemler ile aynı ve 3.13 ile 3.14 numaralı denklemlerde belirtilmiş olan formül ile bulunur. 3. periyottaki ortalama talep tahmin değeri ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Y'_3 = p'_3 Z'_3 = 0,67 * 6,00 = 4,00$$

3. periyotta talep alınmış olduğundan 4. periyottaki talep tahmini için aşağıdaki hesaplama yapılır.

$$p'_4 = p'_3 + \beta(1 - p'_3) = 0,67 + 0,05(1 - 0,67) = 0,68$$

$$Z'_4 = Z'_3 + \alpha(Y_3 - Z'_3) = 6 + 0,20(0 - 6) = 6,20$$

5 ve 6. periyotlarda talep gelmemiş olduğundan $Z'_6=Z'_5=Z'_4=6$ olarak kaydedilir. p'_6 ve p'_5 hesaplaması için önceki periyotlarda talep gelip gelmediğine bakılarak 3.13 veya 3.14'deki denklemlerden uygun olan kullanılır. $\beta=0,05$ alınmıştır. Bu değer yine α gibi çalışmanın yapıldığı organizasyon tarafından belirlenebilir ya da kullanılan yazılımlar tarafından atanabilir. p'_5 ve p'_6 değerlerine ulaşmak için 3. periyotta talep gelmiş olduğu görüldüğünden 3.12 numaralı denklemdeki formül ile aşağıdaki hesaplama yapılır.

$$p'_5 = p'_4 + \beta(0 - p'_4) = 0,68 + 0,05(0 - 0,68) = 0,65$$

$$p'_6 = p'_5 + \beta(0 - p'_5) = 0,65 + 0,05(0 - 0,65) = 0,62$$

p'_7 değerine ulaşmak için 6. periyotta talep gelmiş olduğu görüldüğünden 3.13 numaralı denklemdeki formül kullanılır. Z'_7 için kullanılan formül ile birlikte aşağıdaki hesaplama yapılır.

$$Z'_7 = Z'_6 + \alpha(Y_6 - Z'_6) = 6,20 + 0,20(0 - 6,20) = 5,96$$

$$p'_7 = p'_6 + \beta(1 - p'_6) = 0,62 + 0,05(1 - 0,62) = 0,64$$

$$Y'_7 = p'_7 Z'_7 = 0,64 * 5,96 = 3,79$$

3.3. Envanter Planlama Yöntemleri

Tez çalışmasında ele alınacak olan bir diğer konu yukarıda bahsedilen yöntemler ile hesaplanan yıllık talep tahmin değerlerine göre envanter planlaması yapılmasıdır. Envanter planlaması için yıllık talep tahminlerinin çeyreklere paylaşılması gerekmektedir. Bu kısım uygulama aşamasında detaylandırılacaktır. Sonrasında kullanılacak envanter planlama yöntemleri probleme uygun olabileceği değerlendirilen Silver-Meal, LUC ve L4L olarak belirlenmiştir. Kullanılacak notasyon aşağıda sunulmuştur.

A: kurulum maliyeti

h: stok tutma maliyeti

T: periyot

D(T): T periyodundaki stok miktarı

TRC(T): T periyodundaki toplam yenileme maliyeti

TRCUT(T): T periyodundaki birim yenileme maliyeti

TCPU(T): T periyodundaki birim başına düşen toplam maliyet

3.3.1. Silver-Meal Yöntemi

Silver-Meal yöntemi talep oranının zamana göre sabit olduğu durumda üretim ya da tedarik için uygun yenileme zamanının belirlenmesini amaçlayan sezgisel bir yöntemdir. Bir başka deyişle birim zaman başına toplam maliyetin en aza indirilmesi için kullanılır (Silver v.d., 1998). Bu maliyet 3.15'teki şekilde hesaplanır.

$$TRCUT(T) = \frac{TRC(t)}{T} = \frac{A + h}{T} \quad (3.15)$$

T=1 olduğu durumda stok tutulmadığından sadece kurulum maliyeti A hesaplamaya dahil edilir ve 3.16'da yer alan işlemler yapılır.

$$TRCUT(1) = \frac{A}{1} = A \quad (3.16)$$

T=2 olduğu durumda ilk periyot için kurulum maliyeti ve ikinci periyot için stok tutma maliyeti hesaba katılarak 3.17'deki formül oluşturulur.

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{2} \quad (3.17)$$

T=3 olduğu durumda ilk periyot için kurulum maliyeti ve diğer periyotlar için stok tutma maliyeti kullanılır. İkinci periyottaki stok bir periyot boyunca tutulacak, üçüncü periyottaki stok ise iki periyot boyunca tutulacaktır. Bu şekilde 3.18'deki formül oluşturulur. Periyot sayısı arttıkça formül aynı mantıkla güncellenir.

$$TRCUT(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{3} \quad (3.18)$$

3.3.2. En Az Birim Maliyet (LUC) Yöntemi

LUC, Silver-Meal ile oldukça benzer olan sezgisel bir yöntemdir. Silver-Meal, en az maliyete sahip olan periyot envanter planlaması için tercih ederken; LUC periyot maliyetinin o periyoda kadarki toplam stok miktarına oranı, yani stok birimi başına maliyeti minimize etmeyi amaçlamaktadır (Silver v.d., 1998).

T=1 olması durumunda kullanılan denklem 3.19'da sunulmuştur.

$$TCPU(1) = \frac{A}{D(1)} \quad (3.19)$$

T=2 olması durumunda ikinci periyodun stok maliyeti eklenen denklem 3.20'deki gibi olacaktır.

$$TCPU(2) = \frac{A + D(2)h}{[D(1) + D(2)]} \quad (3.20)$$

T=3 olması durumunda üçüncü periyodun stok maliyeti eklenen denklem 3.21'deki gibi olacaktır.

$$TCPU(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{[D(1) + D(2) + D(3)]} \quad (3.21)$$

Yukarıdaki örnek envanter planlamasının başlangıcından ilk üretim/sipariş noktasının bulunmasına kadar olan hesaplamaları baz almıştır. İlk noktaya karar verildikten sonra yukarıdaki formüller devam eden ilk periyottan başlanarak güncellenecektir.

3.3.3. Talep için Parti (L4L) Yöntemi

L4L yöntemi farklı bir maliyet ölçütünden bağımsız olarak her bir periyot başında üretim/siparişin tekrarlanması şeklinde uygulanır. Bu sayede stok tutma maliyeti minimuma inecektir. Kurulum maliyeti ise her seferinde tekrar ekleneceğinden bu yöntemin maliyet etkin olmama olasılığı bulunmaktadır. Bu sebeple büyük bir dezavantajı bulunsa da envanter

planlamalarında farklı sebeplerle yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir (Silver v.d., 1998).

4. PROBLEM TANIMI

Bu tez çalışması kapsamında kurallı seyretmeyen taleplerin tahmin edilme yöntemleri araştırılmış ve uygun yöntemler uygulanarak karşılaştırılmıştır. Uygulama öncesinde problem ve ürünlerin karakteristikleri incelenmiştir.

4.1. Mevcut Tahminleme Süreci

Tez kapsamında çalışma yapılan kurumda, sözleşme ile imza altına alınan proje satışları gerçekleştirilmektedir. Bu satışlar temelini ilk geliştirme aşamasından son teslimat aşamasına kadar projelendirilen ürünlerden almaktadır. Proje satışları; geliştirmeler, prototip üretim, prototipe yönelik testler, seri üretim, seri üretime yönelik testler, kalite denetimleri, teslimat testleri ve teslimatın tamamlanması aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamalar için çeşitli ekipler çalışmakta, ekiplerin çalışmalarını koordine eden proje yönetim ekibi ise her aşamayı takip etmekte ve iç/dış paydaşlar ile iletişimi sağlamaktadır.

Her yıl içinde bir kere, sonraki üç yıllık taleplerin toplandığı ve üretim planlamaya bildirildiği bir dönem bulunmaktadır. Burada ilk sene için bildirilen talepler onay mekanizmasından geçmekte, son iki sene için talepler bilgi amaçlı tutulmaktadır. Talep bildirme döneminde, o an mevcutta sözleşmesi bulunan ya da sözleşme imzalanması planlanan alımlar için plan oluşturulabilmektedir.

Satışı yapılacak ürünlerle ilgili talep tahmininde bulunup bu tahminleri üretim planlama birimine iletmek proje yönetim ekiplerinin görev tanımında yer almaktadır. Üretim planlama birimi ise bu doğrultuda üretim ve tedarik süreçlerini planlamaktadır. Yılda bir kez alınan talepler doğrultusunda üretim ve tedarik süreci başlamakta, sonrasında yeni imzalanan sözleşme veya mevcut sözleşmelerde miktar artışı/azalışı olması durumunda talepler güncellenmektedir.

Ekipler tahminleme yaparken projelerindeki mevcut ihtiyaç miktarını gözetmekte ve buna kendilerini güvenli alana almak amacıyla öngörüselle eklemelerde bulunmaktadır. Yapılan eklemeler her zaman imzalı bir sözleşme ya da teyitli bir alım bilgisine dayanmamaktadır. Proje ekipleri tarafından bir matematiksel hesaba dayanmayan, tamamen geçmiş bilgi birikim ve gelecek öngörüsü ile adetler belirlenebilmekte, talep oluşturulabilmektedir. Talebin işleme alınabilmesi için proje yönetim ekiplerinden uygun kıdemde personel tarafından onay verilmiş olması yeterlidir. Üretim planlama tarafından ise talep tahmini üzerinde herhangi bir yorum yapılamamakta, gelen talep olduğu gibi işleme alınmaktadır. Proje yönetimindeki personelin alandaki yetkinliğine ve tecrübesine bağlı olarak sayılarda

tutarsızlıklar oluşabildiği gibi dış etkenler nedeniyle en yetkin personel tarafından bile gerçek değerlerden oldukça uzak tahminleme yapılabildiği gözlemlenmektedir. Üstelik hemen her projenin farklı bir proje yöneticisi olduğundan taleplerin gerçekçiliği istemsizce kişiye bağlı değişir hale gelmektedir.

Bu durumlardan kaynaklı olarak talep tahminlerinde istikrarlı olabilmek oldukça zorlaşmaktadır. Kimi zaman fazla öngörü yapılarak stok fazlası oluşmakta, kimi zaman ise eksik öngörü ile karşılanamayan ihtiyaçlarla karşı karşıya kalınmaktadır. Kurumun birinci önceliği müşteri memnuniyeti olduğu için stok fazlası tutmak stok eksikliğine tercih edilmektedir. Yine de çeşitliliği fazla olan ve oldukça maliyetli türleri bulunan güvenlik kameralarının stok yönetiminin doğru yapılması, ürün karakteristikleri de düşünüldüğünde en uygun seçenek olacaktır.

4.2. Ürün Karakteristikleri

Güvenlik kameraları, diğer tüm ürünlerde olduğu gibi kurumun çeşitli müşterilerle imzaladığı sözleşmeli projeler ile satılmaktadır. Bu sözleşmelerde satış adetleri sözleşmeye bağlanmakta, ihtiyaç miktarlarındaki değişiklikler yine sözleşme değişiklikleri ile işleme alınmaktadır. Fakat, bu sözleşmelerde genellikle ürün bazlı değil sistem bazlı teslimat planı yapılmaktadır. Bu da güvenlik kameralarının doğasından ve kullanım şekliyle kaynaklanmaktadır.

Güvenlik kameraları, bilindiği üzere buldukları alanın görüntülerini kaydetmek ve ihtiyaç halinde izleyerek şüpheli durumları önlemek ya da tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu kameraları tedarik eden kurumların da birincil amacı güvenlik zaafiyetlerinin önüne geçmek olmaktadır. Bu amaçla yapılan sözleşmeler, sistemsel entegrasyonun ne zaman tamamlanacağı planına istinaden yapılmaktadır, çünkü güvenlik kameraları sistem entegrasyonu sonrası çalışabilir hale gelmektedir.

Söz konusu kameraların kullanımı için görüntüleri kayıt altına alacak kayıt cihazları, çeşitli analizleri ve uygulamaları yapabilecek yazılımlar ve müşteri isteği doğrultusunda değişebilecek diğer sistemler ile entegre şekilde çalışması gerekmektedir. Entegrasyon gerekliliği, ürün satışından sonra belli bir sürenin geçmesi anlamına gelmektedir ve entegrasyon aşamasındaki problemlerden dolayı süre uzayabilmektedir. Bütün bu durumlar nedeniyle sözleşmeler proje teslimi şeklinde imzalanmakta ve kameraların donanımsal olarak teslimatı sözleşmesel bir tarihe bağlanmamaktadır. Bu durum kameraların teslimat sürelerinin tahmini olarak belirlenmesi anlamına gelmektedir. Tahmini belirlenen teslimat

süreleri; üretim planlamaya tahmini olarak belirtilen ihtiyaçlarla sonuçlanmakta, bu durum da büyük olasılıkla stok fazlası ya da eksikliği anlamı taşımaktadır.

Bir diğer konu da taleplerin yıllık miktarı için tahminleme yapılması sonrasındır. Talepler yıl boyunca toplam gerçekleşme beklenen miktar üzerinden yapılmakta olup aylara bölünürken sorun yaşanmaktadır. Ay bazında bir plan çizildikten sonra ise sahadaki durumlar nedeniyle öne çekilebilmekte ya da ötelenebilmektedir. Çünkü kameraların sahada kurulmasının gerçekleşmesi için birtakım ön şartlar bulunmaktadır. Sahanın altyapısı hazırlanmış, kablo çekim ve sonlandırma işlemleri tamamlanmış olmalıdır. Bu işlemler; hava koşulları, inşai süreçler ve kaynak (personel) atama süreçlerinden ötürü uzayabilmekte ya da erken tamamlanabilmektedir. Bu durum nedeniyle bazı zamanlarda üretilmiş olsa bile hiç kamera çıkışı yapılamamakta, kimi zaman ise oldukça fazla kameranın bir anda sevk edilmesi gerekmektedir. Yukarıda sıralanan sebeplerden ötürü her duruma hazırlıklı olunması gerekmektedir.

Teslimat sistem bazlı olduğundan, geçmiş satışların takibi de yine sistem bazlı yapılabilmektedir. Bir projeye yapılan satış, kurumsal platformlarda toplam proje satışı olarak görüntülenmekte, satış detayları içerisinde hangi kamera çeşidinden kaç adet satıldığı yer almamaktadır. Satılan kamera adetlerini keşfedebilmek için sevkiyat raporlarının izlenmesi gerekmektedir, bu da doğrudan satış izleme amaçlı bir rapor olmadığından verilerin tutulması ve izlenmesi sırasında sorun yaşanmaktadır.

Yukarıda açıklanan belirsizliklerden ve verilerin izlenebilirliğinin zayıf oluşundan dolayı yıllık talep tahmini yapabilmek ve yapılan tahminleri aylara bölebilmek oldukça zordur. Bu nedenle, bir matematiksel hesaplama aracına ihtiyaç bulunmaktadır.

4.3. Ürün Tipleri

Tez kapsamında üç farklı tipte kameranın talep analizi yapılmıştır. Bu bölümde analiz edilen kameraların temel özelliklerinden bahsedilecektir.

4.3.1. Tip-1 Kamera

Bu kamera tipi, kurumun güvenlik kamerası tipleri arasında en yaygın satış yaptığı ürünlerin başında gelmektedir. Aynı zamanda, bu güvenlik kamerası ürünü küresel olarak düşünüldüğünde de en çok satılan ürün tiplerinden olduğunu söylemek doğru olacaktır. Konulduğu alanda sabit bir bölgeyi gözetleme amacıyla kullanılan Tip-1 Kamera, genellikle dış alanda tercih edilse de iç alanda da kullanılabilir. Teknik özelliklerine

göre çeşitlenebilecek olsa da, diğer kamera tiplerine kıyasla daha genelgeçer ihtiyaçları karşılamaya odaklı bir ürün olduğundan fiyatı da yine diğer tiplere göre daha uygun olmaktadır. Bu tip kameralar kurumun gelecek öngörülerinde de önemli bir yer tutmaktadır.

4.3.2. Tip-2 Kamera

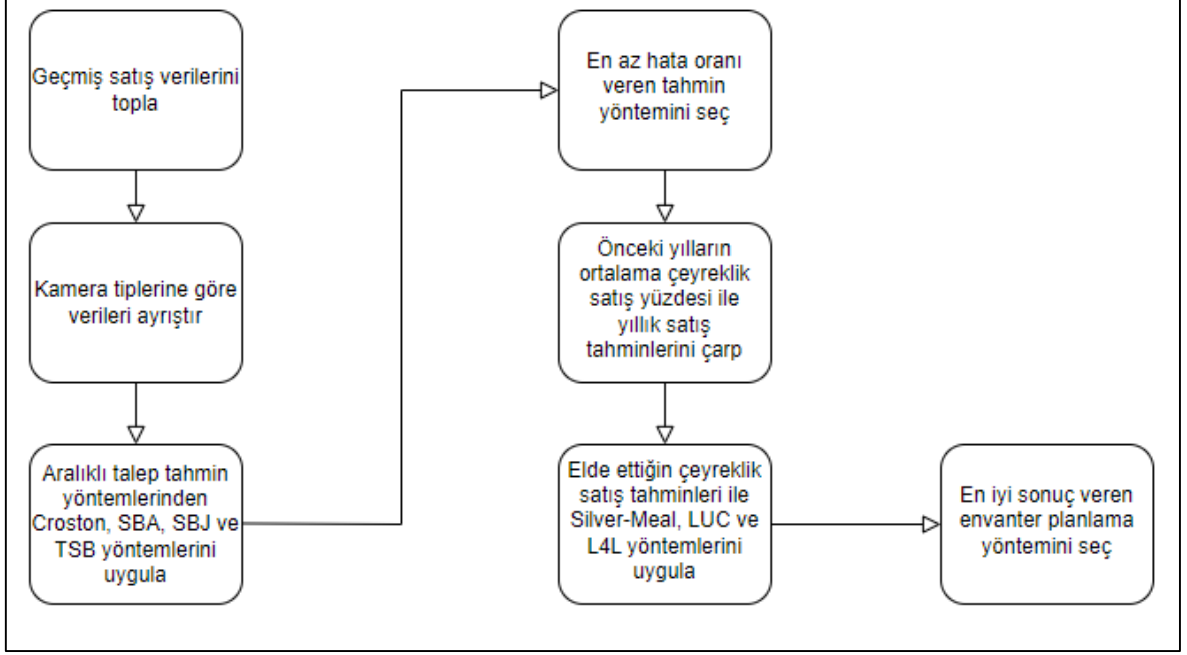
Bu kamera tipi satışlar arasında önemli bir yüzdeye sahip olsa da yapısı ve kullanım alanı doğrultusunda daha düşük adetlerde satış gözlemlenmektedir. Dönme yeteneği bulunan Tip-2 Kamera ile daha geniş bir alan tek bir kamerayla izlenmektedir. Aynı zamanda, bu yeteneğin daha başarılı çalışması açısından genelde yakınlaştırma özelliklerinin de bu kamera tipinde Tip-1 Kameraya göre daha iyi olduğu görülmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı fiyatı daha yüksektir. Yürütülen projenin niteliğine göre kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir; fakat kullanımının uygun olduğu projelerde olmazsa olmaz konumdadır.

4.3.3. Tip-3 Kamera

Analiz edilen kamera tipleri içerisinde satış adetleri en düşük olan kameradır. Bu durum kamera tipinin daha spesifik özelliklerde olmasından kaynaklanmaktadır. Araç bilgilerini kaydedip analiz etmek amacıyla satışı yapılan Tip-3 Kamera ağırlıklı olarak yollarda ve güvenliği sağlanacak alanların giriş/çıkış bölümlerinde konumlanmaktadır. Toplamda bakıldığında satış yüzdesi daha düşük gibi görünse de bu kamera tipi için özel sözleşmeler imzalanmakta ve kullanım amacından dolayı ayrı bir iş alanı olarak takip edilmektedir. Fiyatı da bu doğrultuda Tip-1 ve Tip-2 Kameradan daha yüksektir. Belirtilen nedenlerden ötürü Tip-3 Kameralar kurum için oldukça önemli bir kalemdir.

5. UYGULAMA

Uygulama iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde farklı tipteki kameralar için yıllık satış tahmini yapılmakta, ikinci bölümde ise yıllık tahminde alınan sonuç çeyreklere bölünerek envanter planlaması yapılmaktadır. Takip eden bölümlerde detayları paylaşılacak olan uygulamanın özeti Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. Tez Uygulaması Özet Akış Şeması

5.1. Talep Tahmin Uygulamaları

Uygulamanın ilk bölümünde 3 tip kameranın talep tahmini için Kasım 2016’den başlayarak Aralık 2022’ye kadar devam eden 74 aylık satış verisi ile Kasım 2016 ile Aralık 2023 arasında olan 86 aylık satış verisi kullanılmıştır. İlk 62/74 aylık veri öğretim amaçlı, son 12 aylık veri ise test amaçlı kullanılmıştır. Standart talep tahmin yöntemleri ile başlanmış, yöntemlerin veri setinin tahminine uygun olmadığı görülmüş ve aralıklı talep yöntemleri denenerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu bölümde ilk olarak denenen standart yöntemler ile sonuçları incelenecek, sonrasında aralıklı talep tahmin yöntemleri kullanılarak alınan sonuçlar üzerinde durulacaktır. Sonuçlarda 12 aylık tahmin verilerinin yıllık toplamına bakılacaktır. Bunun nedeni şirketin iş alanında talepleri aylık olarak bölmeyen yukarıda bahsedilmiş olan zorluğudur.

5.1.1. Zaman Serisi ile Talep Tahmin Uygulamaları

İlk olarak zaman serisi uygulamaları denenmiş olup verilerin zaman serisi özelliği taşımadığı sonucu alınmıştır.

5.1.2. Proje Bazlı Talep Tahmin Uygulamaları

Proje bazlı uygulamalarda 86 aylık satış verisi kullanılmıştır. Verilerin ilk 74 ayı öğretim, son 12 ayı ise test amaçlı kullanılmıştır. Standart yöntemler ve aralıklı talep tahmin yöntemleri de kullanılarak sonuçlar tartışılmıştır.

5.1.2.1. Sözleşme Verileri ile Regresyon Analizi

İlk olarak pilot projenin sözleşme verilerine ulaşılmıştır. Proje özelindeki sözleşme teslim sayıları kabul faaliyeti tarihlerine göre planlanmış olup uygulamada öngörülen bir ürün teslim süresi belirlenerek bu sayılara göre kıyaslama yapılmıştır. Sözleşme verileri Mayıs 2022'den başladığından regresyon analizindeki veri seti 92 aydan oluşmuştur. Bu verilerin ilk 80 ayı öğretim, son 12 ayı ise test için kullanılmıştır. Her bir kamera tipi için sonuçlar Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 5'te yer almaktadır.

Regresyon Eşitliği						
Tip-1 Kamera = 696 - 9,73 Ay + 0,439 Tip-1 Sözleşme						
Model Sonucu						
S	R ²	R ² (adj)	R ² (pred)			
740,717	32,67%	30,92%	22,86%			
Varyans Analizi						
Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F	P	
Regresyon	2	20495833	10247917	18,68	0,000	
Ay	1	3250391	3250391	5,92	0,017	
Tip-1 Sözleşme	1	8564310	8564310	15,61	0,000	
Hata	77	42246918	548661			
Toplam	79	62742751				

Şekil 3. Pilot Projedeki Tip-1 Kamera Regresyon Sonuçları

Regresyon Eşitliği					
Tip-2 Kamera = 497 - 6,93 Ay + 0,139 Tip-2 Sözleşme					
Model Sonucu					
S	R ²	R ² (adj)	R ² (pred)		
397,514	19,53%	17,44%	10,39%		
Varyans Analizi					
Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Regresyon	2	2953068	1476534	9,34	0,000
Ay	1	1724255	1724255	10,91	0,001
Tip-2 Sözleşme	1	242496	242496	1,53	0,219
Hata	77	12167319	158017		
Toplam	79	15120387			

Şekil 4. Pilot Projedeki Tip-2 Kamera Regresyon Sonuçları

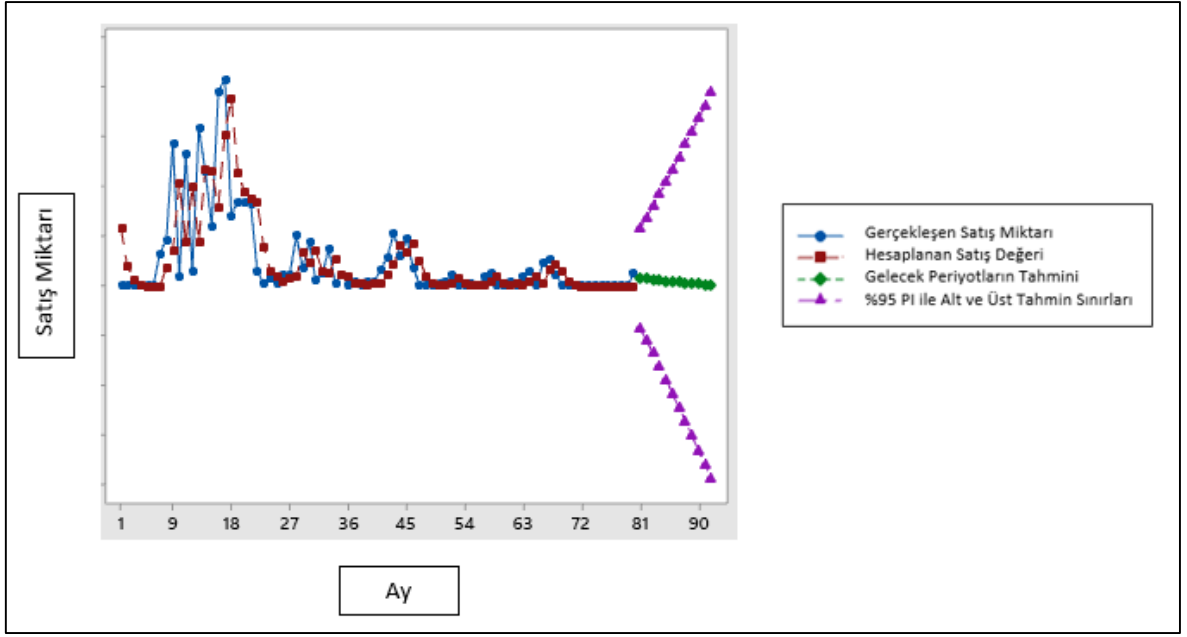
Regresyon Eşitliği					
Tip-3 Kamera = 290,6 - 3,902 Ay + 0,0348 Tip-3 Sözleşme					
Model Sonucu					
S	R ²	R ² (adj)	R ² (pred)		
173,434	24,35%	22,38%	0,00%		
Varyans Analizi					
Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Regresyon	2	745427	372713	12,39	0,000
Ay	1	550956	550956	18,32	0,000
Tip-3 Sözleşme	1	13746	13746	0,46	0,501
Hata	77	2316121	30079		
Toplam	79	3061547			

Şekil 5. Pilot Projedeki Tip-3 Kamera Regresyon Sonuçları

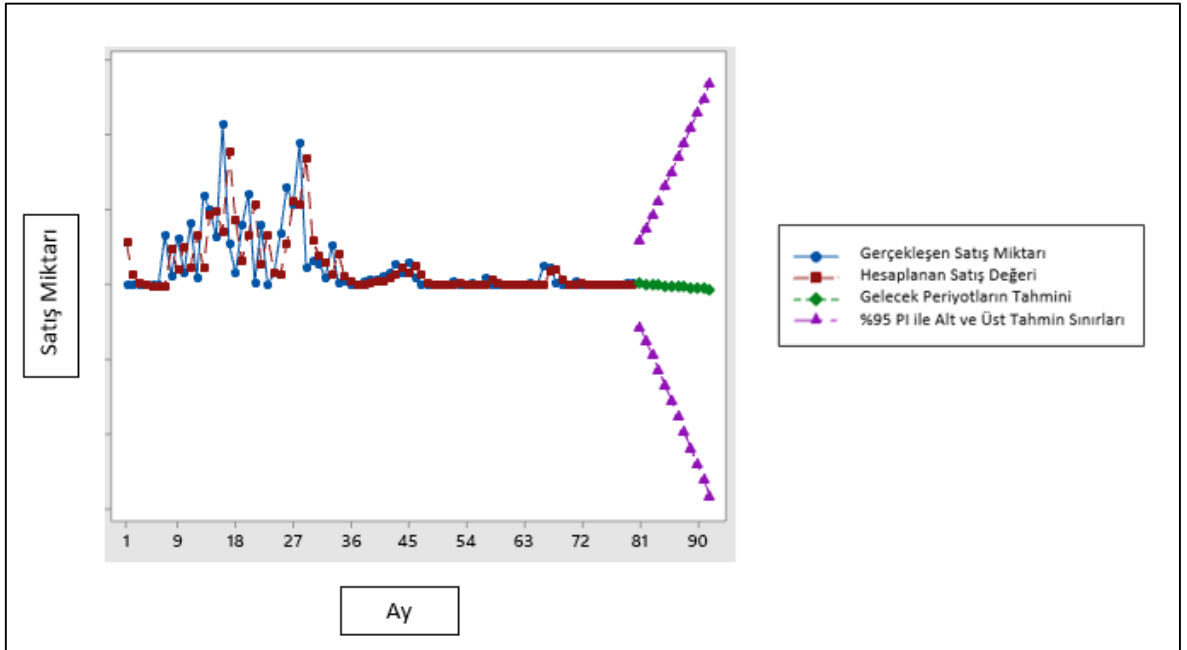
Tip-3 Sözleşme Verileri haricindeki tüm değişkenlerin anlamlı olduğu, bununla birlikte R² değeri incelendiğinde verideki değişkenliğin ilgili model ile açıklanamadığı görülmektedir. Tahmin sonuçları tüm sonuçlarla birlikte yorumlanacaktır.

5.1.2.2. İkili Üstel Düzeltme

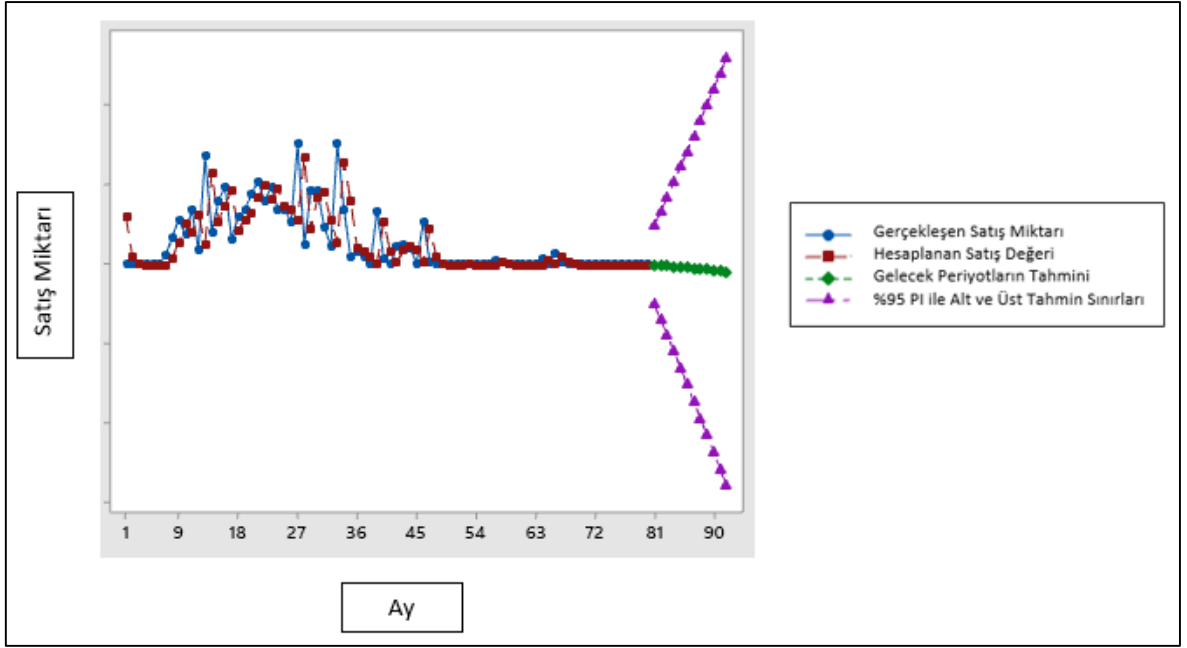
DES yöntemi ile alınan sonuçlar Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de sunulmuştur. İlerleyen kısımlarda yer alan DES yöntemi grafiklerinin yatay eksenini ayları, dikey eksenini ise satış miktarını simgelemekte olup veriler gizlilik nedeniyle paylaşılmamıştır.



Şekil 6. Pilot Projedeki Tip-1 Kamera DES Sonuçları



Şekil 7. Pilot Projedeki Tip-2 Kamera DES Sonuçları



Şekil 8. Pilot Projedeki Tip-3 Kamera DES Sonuçları

DES'in veri modellemesinde grafikteki kayma problemi pilot projede de devam etmiştir. Tahminlerin tutarlılığına ilişkin yorumlar diğer analizlerle birlikte yapılacaktır.

5.1.2.3. Üçlü Üstel Düzeltme

Üçlü üstel düzeltme ile her üç kamera tipi için de model kurulamadığı uyarısı alınmıştır.

5.1.2.4. Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri

SES, Croston, SBA, SBJ ve TSB yöntemlerinin kullanılabilirliğini incelemek açısından hesaplanan ADI ve CV^2 değerleri Tablo 8'deki gibidir.

Tablo 8. Pilot Proje CV^2 ve ADI Değerleri

	Tip-1 Kamera	Tip-2 Kamera	Tip-3 Kamera	Sınır Değer	Sonuç
CV^2	2,37	3,29	3,29	0,49	$CV^2 > 0,49$
ADI	1,84	1,36	1,44	1,32	$ADI > 1,32$

$CV^2 > 0,49$ ve $ADI > 1,32$ olduğundan, yani hem düzensiz hem de devamsız talepler alındığından, SBA dörtgeninde 2. bölgede kalan tüm kamera tipleri için yine aralıklı talep tahmin yöntemlerinin daha iyi sonuç vereceği öngörülmüştür. R 4.3.2 yazılımında yapılan talep tahminlerinin sonuçları Tablo 9'da sunulmuştur. Reg1, 5.1.2.1.'de yer alan regresyon analizini simgelemektedir.

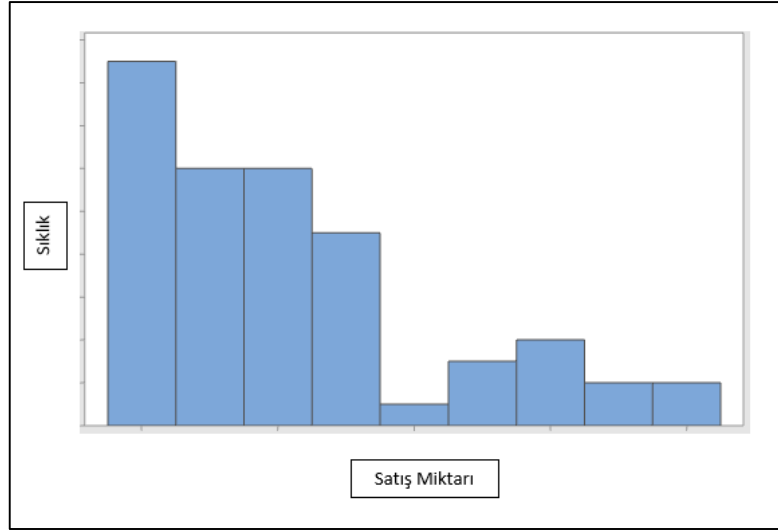
Tablo 9. Pilot Proje Tahmin Sonuçları

TİP-1	Yöntem	SES	Cros	SBA	SBJ	TSB	Reg1	DES	Winters
	PE (%)	-44,69	133,33	133,30	133,30	133,30	-169,39	-65,16	N/A
	Sıralama	1	4	3	3	3	5	2	-
TİP-2	Yöntem	SES	Cros	SBA	SBJ	TSB	Reg1	DES	Winters
	PE (%)	-86,15	96,83	96,83	96,83	94,98	-197,33	-122,71	N/A
	Sıralama	1	3	3	3	2	5	4	-
TİP-3	Yöntem	SES	Cros	SBA	SBJ	TSB	Reg1	DES	Winters
	PE (%)	-98,47	-13,72	582,00	582,60	582,56	-359,68	-246,72	N/A
	Sıralama	2	1	5	7	6	4	3	-

Sonuçlara bakıldığında, genel olarak aralıklı talep tahmin yöntemlerinin daha iyi sonuç vereceği görüşü gerçekçiliğini koruyor olsa da alınan hiçbir sonuç tatmin edici olmamıştır. Sözleşme verileri ile yapılan regresyon çok düşük tahminlerde bulunmuştur. Bunun nedeni, başta da belirtildiği gibi güvenlik sistemlerinin devreye alınmasının tamamlanma tarihi ile bağdaştırılan sözleşme teslim tarihlerine göre öngörülen ürün teslim tarihleri belirlenmiş, belirlenen bu tarihlerin kurulum yapılan sahanın durumuna göre zaman zaman geçersiz kalabileceği görüşü bir kez daha kanıtlanmıştır. Standart ve aralıklı talep tahmin yöntemleri hemen hemen aynı başarı sonuçlarını verse de ikisi de kabul edilebilir düzeyde olmamıştır. En düşük hata oranı Tip-3 Kameradaki Croston yönteminde (-%13,42) alınmış olsa da bu sonuç stok eksikliği anlamına geldiğinden tercih edilecek bir sonuç olmayacaktır. Projeler özelindeki değişkenliğin bütünleşik bir analizden daha fazla olduğu ve bu nedenle yönetilmesinin daha zor olacağı sonucuna varılmıştır.

5.1.3. Tip-1 Kameraya Yönelik Talep Tahmin Uygulamaları

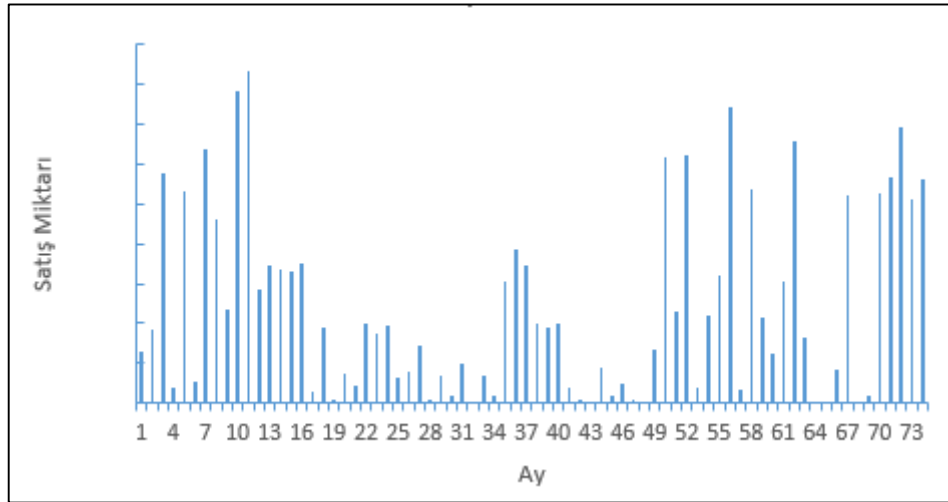
Kamera tiplerine yönelik uygulamalarda ilk olarak 74 aylık satış verisi, sonrasında da 86 aylık satış verisi üzerinden inceleme yapılmıştır. İlk üç uygulamada 74 aylık satış verisine göre yapılan incelemeler sunulacak, sonrasında 86 aylık verilere göre aynı analizler tekrarlanacaktır. Tip-1 Kameraya yönelik uygulamalara geçmeden önce incelenen verileri anlamak adına histogram bilgisi bilgileri Şekil 9'da sunulmuştur.



Şekil 9. Tip-1 Kamera Talep Histogramı

Şekil 10’da Tip-1 Kamera verileri görülmektedir. Gerçekleşmenin sıfır ya da sıfıra yakın olduğu aylar sebebiyle (histogramın en soldaki sütunu) standart sapmanın arttığı hususu gözden kaçırılmamalıdır.

Veri gizliliği sebebi ile sayılar paylaşılamasa da skaladaki değişkenliği görmek amacıyla aylık satış verisi grafiği Şekil 10’da verilmiştir.



Şekil 10. Tip-1 Kameranın Aylık Satış Verisi

Yukarıdaki grafikte yatay eksen ayları, dikey eksen ise satış miktarlarını simgelemektedir. Aynı anda birçok projenin yürütüldüğü kurumda projelerdeki sevkiyat zamanları değişkenlik göstermektedir. Tip-1 Kamera en fazla tercih edilen kameraların başında geldiğinden bu değişkenlik Şekil 10’da görüldüğü gibi had safhaya çıkabilmektedir. Bu veriler ile ilk etapta standart yöntemler ile talep tahmini yapılmaya çalışılmış fakat uygun

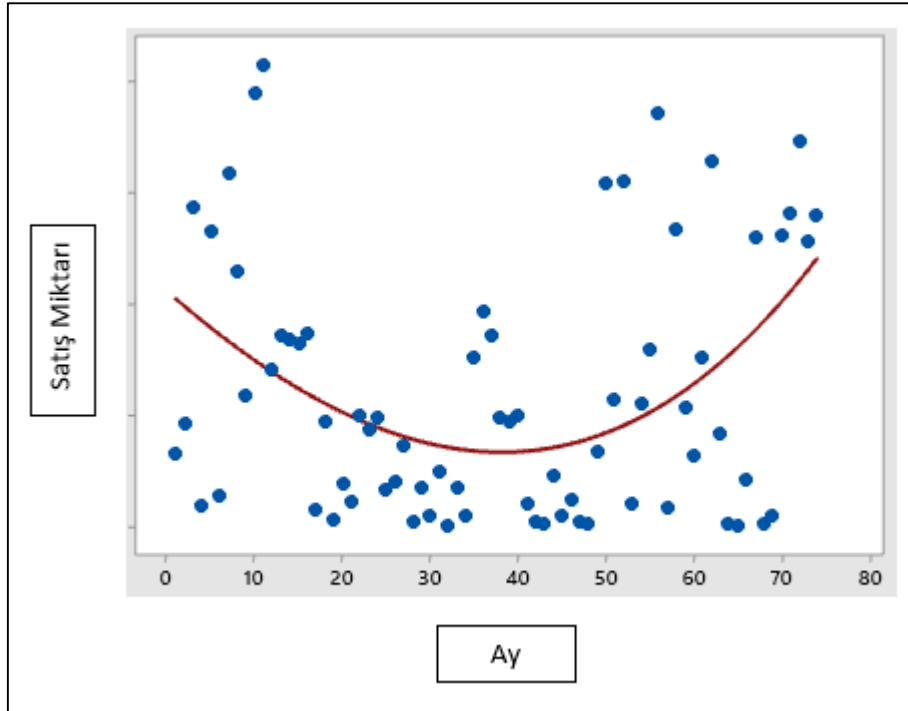
bir yöntem bulunamadığından aralıklı talep tahmin yöntemlerine geçilmiştir. Uygulanan yöntemlere ilişkin detaylar aşağıda paylaşılmıştır.

5.1.3.1. Aylar ile Satış Verisi İlişkisi

İlk olarak ay numaraları (1-74) ile ay bazında gerçekleşen satış verileri arasında ilişki kurulmuştur. Uygulama Minitab 19'da yapılmıştır. Lineer, karesel ve kübik regresyon yöntemleri denenmiştir. En iyi sonucu veren yöntem kübik regresyon olduğundan bu yöntem ile devam edilmiştir. 74 ayın tamamı için yapılan analize ilişkin sonuçlar Şekil 11 ve Şekil 12'de yer almaktadır.

Regresyon eşitliği					
Tip-1 Kamera = 2127 - 69,14 Ay + 0,628 Ay ² + 0,00485 Ay ³					
Model Sonucu					
S	R²	R²(adj)			
1074,78	17,60%	14,07%			
Varyans Analizi					
Kaynak	DF	SS	MS	F	P
Regresyon	3	17273226	5757742	4,98	0,003
Hata	70	80861186	1155160		
Toplam	73	98134412			

Şekil 11. Tip-1 Kamera 74 Aylık Regresyon Sonuçları

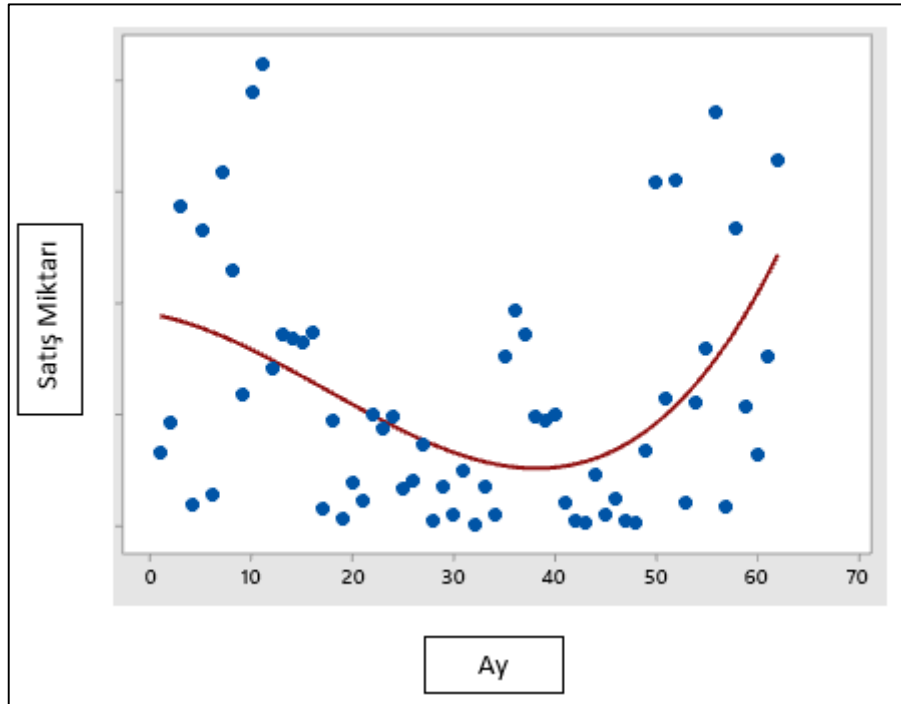


Şekil 12. Tip-1 Kamera 74 Aylık Regresyon Grafiği

%17,60'lık R^2 oranı verideki değişkenliği açıklayamasa da tüm sonuçları kıyaslayabilmek amacıyla 62 aylık öğrenme ve 12 aylık test verileri ile son 12 ayın tahmini yapılmıştır. Bunun için ilk olarak ilk 62 ayın kübik regresyonu yapılmıştır.

Regresyon eşitliği					
Tip-1 Kamera = 1905 - 15,48 Ay - 2,042 Ay ² + 0,03917 Ay ³					
Model Sonucu					
S	R²	R²(adj)			
1010,42	21,70%	17,66%			
Varyans Analizi					
Kaynak	DF	SS	MS	F	P
Regresyon	3	16415710	5471903	5,36	0,003
Hata	58	59215381	1020955		
Toplam	61	75631091			

Şekil 13. Tip-1 Kamera 62 Aylık Regresyon Sonuçları



Şekil 14. Tip-1 Kamera 62 Aylık Regresyon Grafiği

62 aylık verilere göre yapılan tahminlemeler ile alınan sonuçlarda modele göre olağandışı bir sonuç bulunduğu uyarısı alınmıştır.

5.1.3.2. Aylar ile Satış Verisi İlişkisinin Mevsimsel Olarak Ele Alınması

Buradaki amaç verideki ay bazında mevsimselliği ölçmek, bir başka deyişle yılın hangi ayının talep almaya daha elverişli olduğunu görmektir. Burada ay numarasının yanı sıra, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A11 ve A12 değişkenlerinin her biri numarasının ait olduğu aya göre tanımlanmıştır. Örneğin A1 Ocak ayını, A2 Şubat ayını temsil etmektedir. Her bir değişken ikili değişken olarak tanımlanmıştır, bir diğer deyişle ilgili aya 1, geri kalan aylara 0 değeri verilmiştir. Tüm aylar için bu şekilde ilerleyerek regresyon denklemi kurulmuştur.

Regresyon Eşitliği

$$\begin{aligned} \text{Tip-1 Kamera} = & 947 + 1,68 \text{ Ay} + 149 \text{ A11} + 472 \text{ A12} + 1158 \text{ A1} + 86 \text{ A2} + 205 \text{ A3} - 721 \text{ A4} \\ & - 125 \text{ A5} \\ & + 368 \text{ A6} - 78 \text{ A7} - 77 \text{ A8} + 760 \text{ A9} \end{aligned}$$

Şekil 15. Tip-1 Kamera 74 Aylık Mevsimsel Regresyon Denklemi

Model Sonucu					
S	R ²	R ² (adj)	R ² (pred)		
1159,67	16,41%	0,00%	0,00%		
Varyans Analizi					
Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Regresyon	12	16098981	1341582	1,00	0,462
Ay	1	95154	95154	0,07	0,791
A11	1	64867	64867	0,05	0,827
A12	1	648865	648865	0,48	0,490
A1	1	3905785	3905785	2,90	0,093
A2	1	21300	21300	0,02	0,900
A3	1	114103	114103	0,08	0,772
A4	1	1418934	1418934	1,06	0,308
A5	1	42600	42600	0,03	0,859
A6	1	337953	337953	0,25	0,618
A7	1	16613	16613	0,01	0,912
A8	1	15979	15979	0,01	0,914
A9	1	1573088	1573088	1,17	0,284
Hata	61	82035431	1344843		
Toplam	73	98134412			

Şekil 16. Tip-1 Kamera 74 Aylık Mevsimsel Regresyon Sonuçları

62 aylık öğrenme ve 12 aylık test verisi ile analiz tekrarlanmıştır. Sonuçlar diğer tüm sonuçlar ile birlikte paylaşılacaktır.

Regresyon Eşitliği

$$\begin{aligned} \text{Tip-1 Kamera} = & 1222 - 6,08 \text{ Ay} - 156 \text{ A11} + 120 \text{ A12} + 1079 \text{ A1} - 241 \text{ A2} + 400 \text{ A3} \\ & - 699 \text{ A4} \\ & - 61 \text{ A5} + 44 \text{ A6} + 92 \text{ A7} + 85 \text{ A8} + 594 \text{ A9} \end{aligned}$$

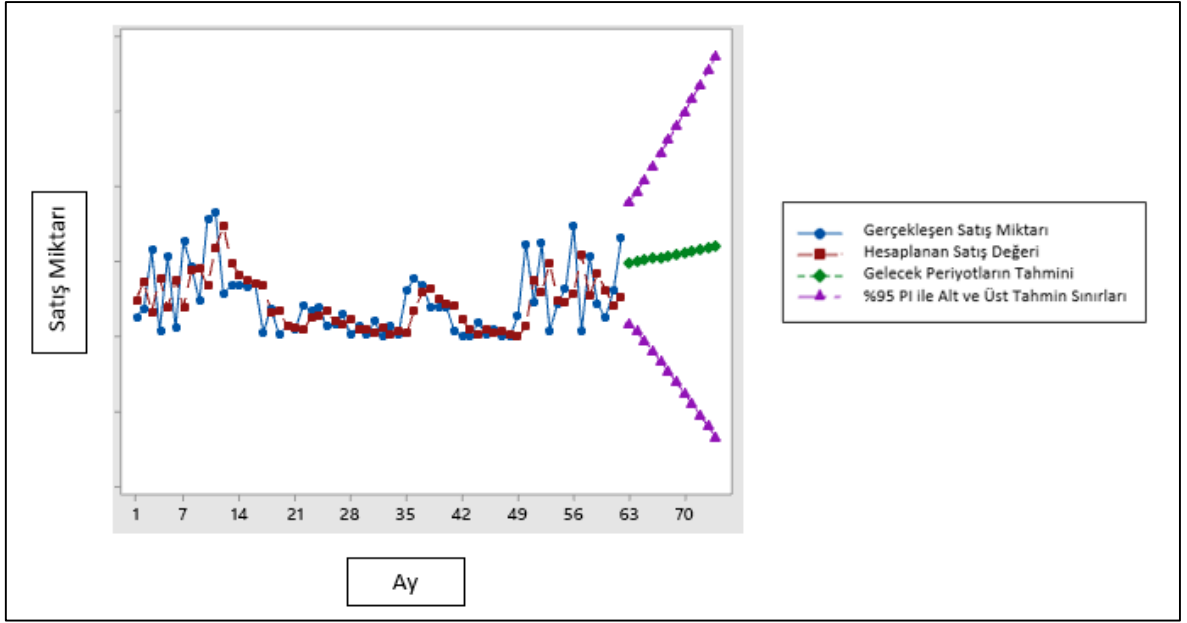
Şekil 17. Tip-1 Kamera 62 Aylık Mevsimsel Regresyon Denklemi

Model Sonucu					
S	R ²	R ² (adj)	R ² (pred)		
1137,56	16,16%	0,00%	0,00%		
Varyans Analizi					
Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Regresyon	12	12223375	1018615	0,79	0,661
Ay	1	724291	724291	0,56	0,458
A11	1	66389	66389	0,05	0,822
A12	1	39388	39388	0,03	0,862
A1	1	3169845	3169845	2,45	0,124
A2	1	144633	144633	0,11	0,740
A3	1	398096	398096	0,31	0,582
A4	1	1217984	1217984	0,94	0,337
A5	1	9338	9338	0,01	0,933
A6	1	4387	4387	0,00	0,954
A7	1	21295	21295	0,02	0,898
A8	1	18066	18066	0,01	0,906
A9	1	882320	882320	0,68	0,413
Hata	49	63407716	1294035		
Toplam	61	75631091			

Şekil 18. Tip-1 Kamera 62 Aylık Mevsimsel Regresyon Sonuçları

5.1.3.3. İkili Üstel Düzeltme

Verilerin üstel düzeltilmesinin yapılmasının yanı sıra trend analizi de yapan İkili Üstel Düzeltme (Double Exponential Smoothing – DES) Tip-1 Kamera verilerine Minitab 19 yardımıyla uygulanmış, sonuçları Şekil 19’da paylaşılmıştır.

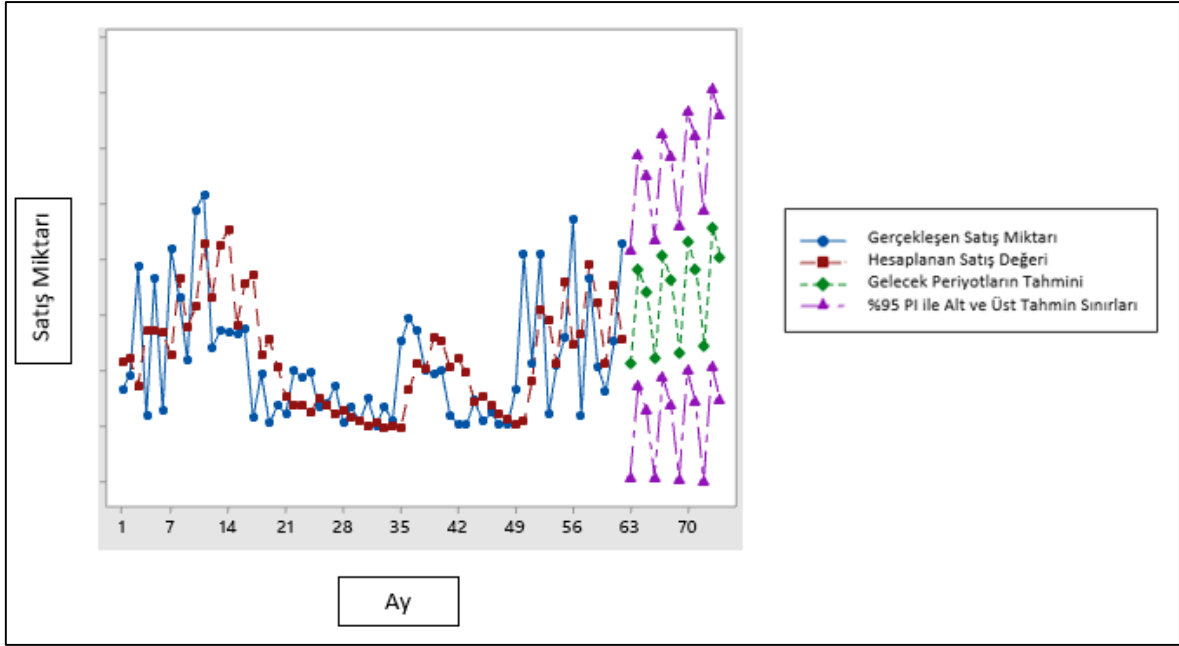


Şekil 19. Tip-1 Kamera Taleplerinin DES Yöntemi ile Tahmin Edilmesi

Şekil 19’da görüldüğü üzere model tam olarak örtüşmemekte ve talep miktarlarındaki artış ve azalış tahmin edilen modelde birkaç ay sonra gözlemlenmektedir. Talepler yeşil ile gösterilen kısımda periyodik olarak artıyor olarak tahmin edilmiştir. %95 güven aralığı ile talepler için verilen aralık grafikte görüldüğü üzere oldukça fazla olmakta ve düşük tahminler sıfırın altına inmektedir. Bu durum verilerdeki değişkenlikten kaynaklanmaktadır. Verideki değişkenlik ve sıfıra yakın veya sıfır gerçekleşme olan ayların çokluğundan ötürü standart talep tahmin yöntemlerinden olan DES ile bir sonuca varılamamıştır.

5.1.3.4. Üçlü Üstel Düzeltme

DES’teki trendin yanında mevsimselliği de hesaba katan Üçlü Üstel Düzeltme (Winters) yöntemi denenmiş olup Şekil 20’deki sonuçlara ulaşılmıştır. İlerleyen kısımlarda yer alan Winters yöntemi grafiklerinin yatay eksenini ayları, dikey eksenini ise satış miktarını simgelemekte olup veriler gizlilik nedeniyle paylaşılmamıştır.



Şekil 20. Tip-1 Kamera Taleplerinin Winters Yöntemi ile Tahmin Edilmesi

Şekil 20’de görüldüğü üzere model başarılı bir denklem çıkaramamıştır. Tahminleme yaptığı 12 değer için iniş çıkışların olduğunu görmesi başarılı olsa da alınan sonuçların gerçekleşme ile uyumlu olmadığı hata oranlarından görülebilmektedir. Yıllık kümülatif tahminlerdeki hata oranı diğer yöntemler ile birlikte değerlendirilecektir.

5.1.3.5. Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri

Bu kısımda Tip-1 Kameraların aralıklı talep tahmin yöntemleri ile tahmin edilen yıllık değerleri ve hata oranlarına değinilecektir. SES, Croston, SBA, SBJ ve TSB yöntemleri kullanılmıştır. Yöntemler R 4.3.2 yazılımındaki paketler yardımıyla uygulanmıştır. Yaklaşımlardan hangisinin daha uygun olacağını değerlendirmek adına Syntetos v.d. (2005) tarafından geliştirilen metodoloji ile ADI ve CV^2 değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 10’da yer almaktadır.

Tablo 10. Tip-1 Kamera CV^2 ve ADI Değerleri

	Tip-1 Kamera	Sınır Değer	Sonuç
CV^2	1,28	0,49	$CV^2 > 0,49$
ADI	1,03	1,32	$ADI < 1,32$

$CV^2 > 0,49$ ve $ADI < 1,32$ sonuçları alındığından SBA’ya göre 1. bölgede kaldığı (devamlı ama düzenli olmayan talep) sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle aralıklı talep yöntemlerinin daha başarılı sonuç vereceği öngörülmüştür.

Uygulamaya geçmeden önce, Croston (1972) çalışmasında belirtilen talep büyüklükleri ile talep aralıklarının birbirinden bağımsız olacağı ve ardışık talep büyüklüklerinin birbirinden bağımsız olacağı varsayımları test edilmiştir. Cohen (2013) tarafından belirlenen sınırlara göre sonuçlar Tablo 11’de sunulmuştur.

Tablo 11. Tip-1 Kamera Z ve T Değerleri Korelasyon Sonuçları

İlişki	Değer	Sonuç
Talep Büyüklüğü (Z) ve Talep Aralığı (T) Korelasyonu	-0,095	Düşük negatif korelasyon
Ardışık Talep Büyüklüğü (Z) Otokorelasyonu	0,216	Düşük pozitif korelasyon

Uygulanan SES, Croston, SBA, SBJ ve TSB yöntemlerinin sonuçları Tablo 12’de yer almaktadır. Veri gizliliği sebebiyle yalnızca sonuçlara ilişkin yüzdeler hata oranı (PE) paylaşılmıştır. Sonuçlara 5.1.3.1. ile 5.1.3.2. kısımlarında bahsedilen yöntemlerin yıllık toplam sonuçları da eklenmiştir.

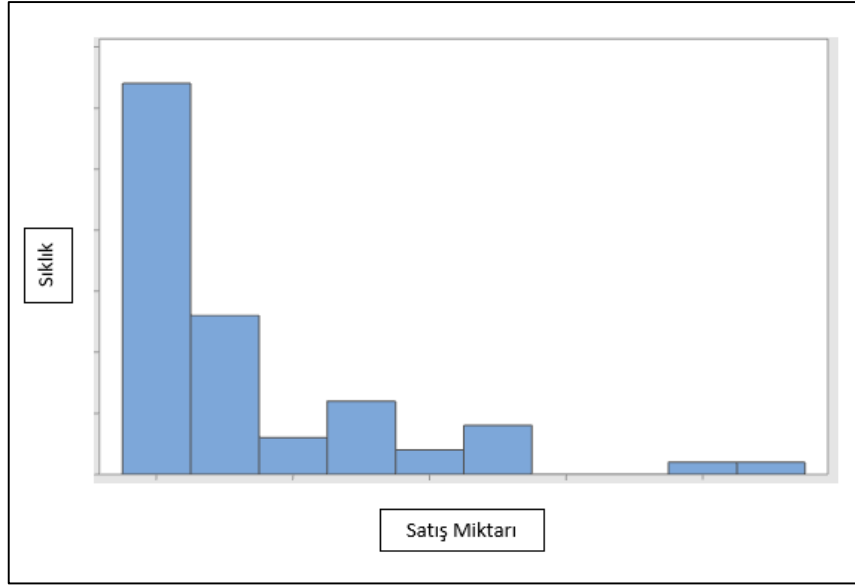
Tablo 12. Tip-1 Kamera Tahmin Sonuçları

Yöntem	SES	Cros	SBA	SBJ	TSB	Reg2	Reg3	DES	Winters	Plan_Ürt
PE (%)	22,75	-13,35	-7,01	1,93	0,70	158,13	-41,51	78,40	57,41	55,47
Sıralama	5	4	3	2	1	10	6	9	7	8

Tablo 12’te Reg2 5.1.3.1.’de bahsedilen aylar ile satış verileri arasındaki ilişkiyi, Reg3 5.1.3.2’de bahsedilen aylar ile satış verileri arasındaki ilişkinin mevsimsellik hesaba katılarak incelenmesini, Plan_Ürt ise proje yönetim ekiplerince yapılan ilk üretim tahminini simgelemektedir. Başlangıçta öngörüldüğü gibi aralıklı talep tahmin uygulamalarının daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. En sağda yer alan Plan_Ürt kısmı bütçe döneminde proje yönetim ekipleri tarafından iletilen ihtiyaçların toplamını göstermektedir. Bu kısımda planlanandan %55 daha az satış gerçekleştiği, bir diğer deyişle planlananın %55’inin stok artarı durumuna geldiği görülmektedir. Üzerine çalışılan yöntemlerden en iyi sonucu %0,70 hata payı ile TSB vermiştir. Bunu %1,93’lük hata payı ile SBJ takip etmiştir. En iyi üçüncü sonucu veren SBA ise eksi hata oranı ile tahminleme yapmıştır. Bu durum, bu yöntemin kullanılması durumunda %7’lik stok eksikliği olacağı anlamına gelmektedir. Müşteri ihtiyaçlarının karşılanması birinci öncelik olduğundan bu sonucun kabul edilebilir olmadığı söylenebilir.

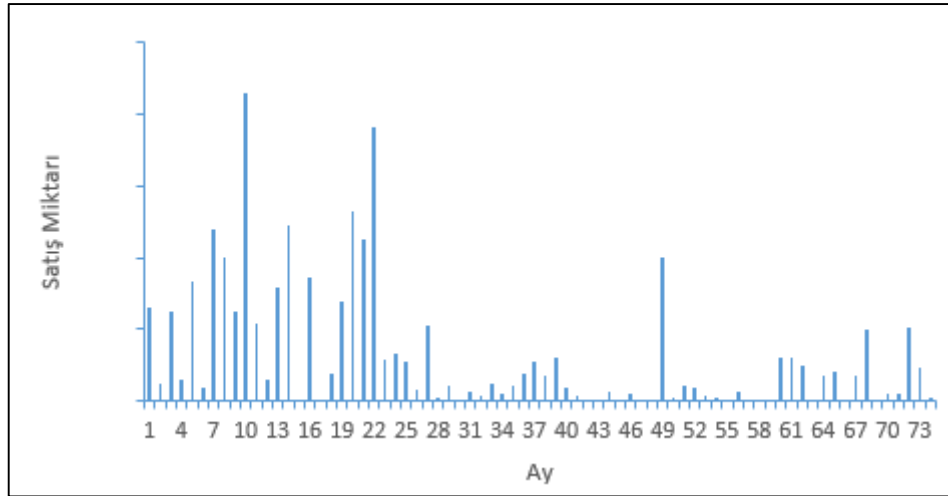
5.1.4. Tip-2 Kameraya Yönelik Talep Tahmin Uygulamaları

Tip-2 Kamera taleplerinin histogramı Şekil 21’de sunulmuştur.



Şekil 21. Tip-2 Kamera Talep Histogramı

Tip-1 Kamerada olduğu gibi Tip-2 Kamerada da değişken dağılım gösteren bir görüntü karşımıza çıkmaktadır. Bu durum önemli ölçüde sıfır olarak seyreden taleplerin olduğu aylardan kaynaklanmaktadır ve talep tahminini zorlaştırmaktadır.



Şekil 22. Tip-2 Kameranın Aylık Satış Verisi

Aylık satış grafiğine bakıldığında da Şekil 22'den anlaşıldığı gibi dağınık bir talep yapılanması gözlenmektedir. Burada dikkat çeken bir diğer husus sıfır ya da sıfıra yakın taleple seyreden ayların Tip-1 Kameraya göre çokluğudur.

5.1.4.1. Aylar ile Satış Verisi İlişkisi

Tip-2 Kamerayı tahminlemek amacıyla 62 aylık öğrenme verisinin regresyon sonuçları aşağıda sunulmuştur.

Regresyon Eşitliği					
Tip-2 Kamera = 490 + 43,8 Ay - 2,43 Ay ² + 0,0272 Ay ³					
Model Sonucu					
S	R ²	R ² (adj)	R ² (pred)		
406,845	30,60%	27,01%	22,19%		
Varyans Analizi					
Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Regresyon	3	4233658	1411219	8,53	0,000
Ay	1	353229	353229	2,13	0,149
Ay ²	1	806354	806354	4,87	0,031
Ay ³	1	925995	925995	5,59	0,021
Hata	58	9600321	165523		
Toplam	61	13833979			

Şekil 23. Tip-2 Kamera Regresyon Sonuçları

5.1.4.2. Aylar ile Satış Verisi İlişkisinin Mevsimsel Olarak Ele Alınması

5.1.3.2’de olduğu gibi A1 ve A12 arasında ilgili olduğu aya 1, geri kalan aylara 0 verilerek ikili değerlerle eşleştirilen mevsimsellik ölçütleri ay ve satış verisiyle aşağıdaki gibi ilişkilendirilmiştir. İlişkilendirmede 62 aylık öğrenme verisi kullanılmıştır.

Regresyon Eşitliği	
Tip-2 Kamera = 584 - 13,05 Ay + 187 A11 + 331 A12 + 110 A1 + 67 A2 + 15 A3 - 124 A4 + 211 A5 + 409 A6 + 226 A7 + 693 A8 + 56 A9	

Şekil 24. Tip-2 Kamera Mevsimsel Regresyon Eşitliği

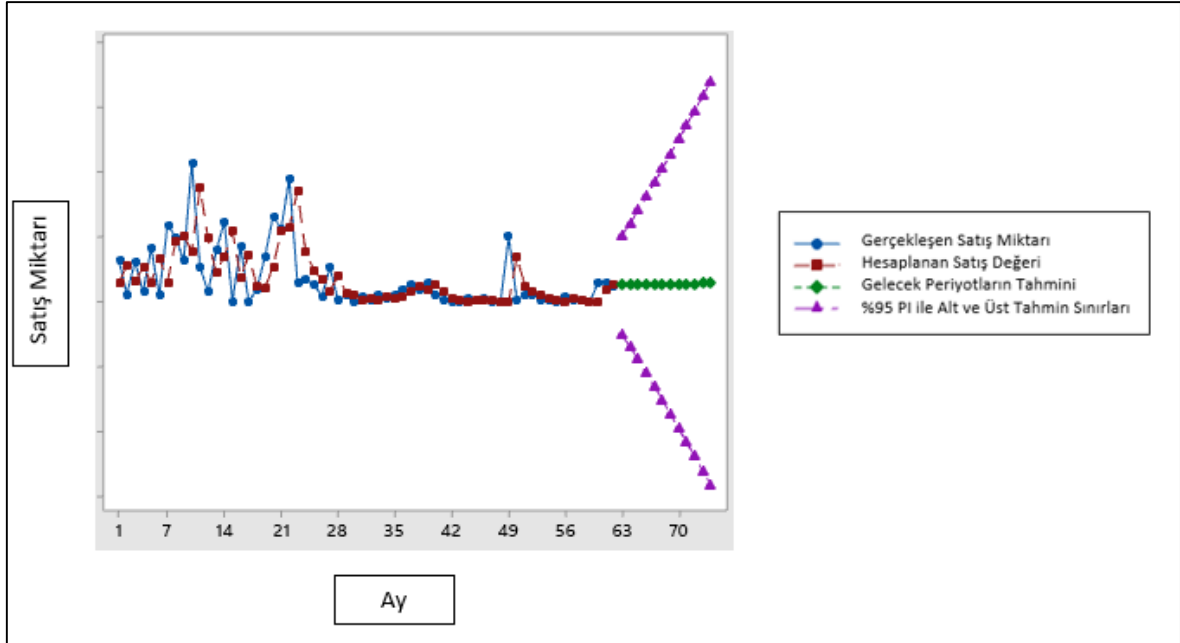
Model Sonucu			
S	R ²	R ² (adj)	R ² (pred)
404,484	42,05%	27,86%	6,61%

Varyans Analizi					
Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Regresyon	12	5817229	484769	2,96	0,004
Ay	1	3331187	3331187	20,36	0,000
A11	1	95519	95519	0,58	0,448
A12	1	298186	298186	1,82	0,183
A1	1	33096	33096	0,20	0,655
A2	1	11275	11275	0,07	0,794
A3	1	579	579	0,00	0,953
A4	1	38451	38451	0,24	0,630
A5	1	111359	111359	0,68	0,413
A6	1	371110	371110	2,27	0,138
A7	1	127603	127603	0,78	0,381
A8	1	1201055	1201055	7,34	0,009
A9	1	7881	7881	0,05	0,827
Hata	49	8016749	163607		
Toplam	61	13833979			

Şekil 25. Tip-2 Kamera Mevsimsel Regresyon Sonuçları

5.1.4.3. İkili Üstel Düzeltme

DES yöntemi ile alınan sonuçlar Şekil 26'da sunulmuştur.

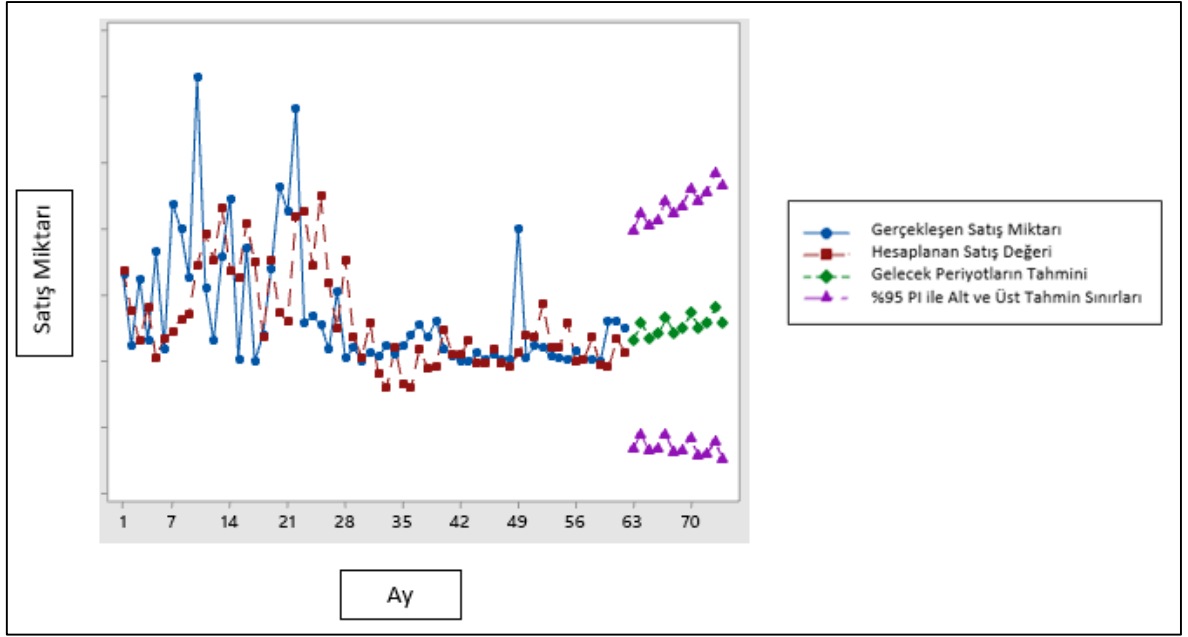


Şekil 26. Tip-2 Kamera Taleplerinin DES Yöntemi ile Tahmin Edilmesi

Tip-1 Kameraya benzer şekilde tam anlamıyla bir örtüşme sağlanamamış, modelde verilere göre kayma gözlemlenmiştir. Önümüzdeki 12 ayki taleplerin yatay seyredeceği öngörülmüş olup sonuçlar tüm yöntemlerle birlikte tartışılacaktır.

5.1.4.4. Üçlü Üstel Düzeltme

Winters yöntemi ile alınan sonuçlar Şekil 27’de yer almaktadır.



Şekil 27. Tip-2 Kamera Taleplerinin Winters Yöntemi ile Tahmin Edilmesi

Modelin gerçek veriler ile uyumlu olmadığı gözlemlenmektedir. Taleplerin sırayla artıp azaldığı bir son 12 ay tahmininde bulunulmuştur. Sonuçlar tüm sonuçlar ile birlikte değerlendirilecektir.

5.1.4.5. Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri

SES, Croston, SBA, SBJ ve TSB yöntemlerinin kullanılabilirliğini incelemek açısından hesaplanan ADI ve CV^2 değerleri Tablo 13’teki gibidir.

Tablo 13. Tip-2 Kamera CV^2 ve ADI Değerleri

	Tip-2 Kamera	Sınır Değer	Sonuç
CV^2	0,92	0,49	$CV^2 > 0,49$
ADI	1,06	1,32	$ADI < 1,32$

$CV^2 > 0,49$ ve $ADI < 1,32$ olduğundan SBA dörtgeninde 1. bölgede kalan Tip-2 Kamera için yine aralıklı talep tahmin yöntemlerinin daha iyi sonuç vereceği öngörülmüştür. Analizler sonrası alınan tüm sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Croston (1972) çalışmasındaki talep büyüklüğü ve talep aralığı varsayımları test edilmiş, Cohen (2013) tarafından belirlenen sınırlara göre sonuçlar Tablo 14’te, R 4.3.2 yazılımı ile yapılan talep tahminlerinin sonuçları ise Tablo 15’te sunulmuştur.

Tablo 14. Tip-2 Kamera Z ve T Değerleri Korelasyon Sonuçları

İlişki	Değer	Sonuç
Talep Büyüklüğü (Z) ve Talep Aralığı (T) Korelasyonu	-0,087	Düşük negatif korelasyon
Ardışık Talep Büyüklüğü (Z) Otokorelasyonu	0,329	Orta derece pozitif korelasyon

Tablo 15. Tip-2 Kamera Tahmin Sonuçları

Yöntem	SES	Cros	SBA	SBJ	TSB	Reg2	Reg3	DES	Winters	Plan Ürt
PE (%)	-5,67	72,52	74,77	74,58	75,44	427,07	-175,06	65,64	62,58	38,97
Sıralama	1	5	7	6	8	10	9	4	3	2

Tablo 15’te Reg2 5.1.4.1.’de bahsedilen aylar ile satış verileri arasındaki ilişkiyi, Reg3 ise 5.1.4.2’de bahsedilen aylar ile satış verileri arasındaki ilişkinin mevsimsellik hesaba katılarak incelenmesini simgelemektedir. Sonuçlar incelendiğinde hiçbir tahmin yönteminin uygun sonuç vermediği görülmektedir. En iyi sonucu veren SES, %6’ya varan stok eksigi ile tahminleme yapmıştır. Planlanan üretim %39 fazla verirken, SES’den sonraki ikinci iyi sonucu veren Winters yöntemi %63’lük stok artanı vermektedir. Bunun sebebi araştırıldığında Tip-2 Kameranın verilerindeki değişkenliğin diğer iki tip kameradan oldukça yüksek çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Daha iyi açıklamak için Tip-2 Kameraya ait yıllık varyasyon katsayıları Tablo 16’da paylaşılmıştır.

Tablo 16. Tip-2 Kamera Yıllara Göre CV² Değerleri

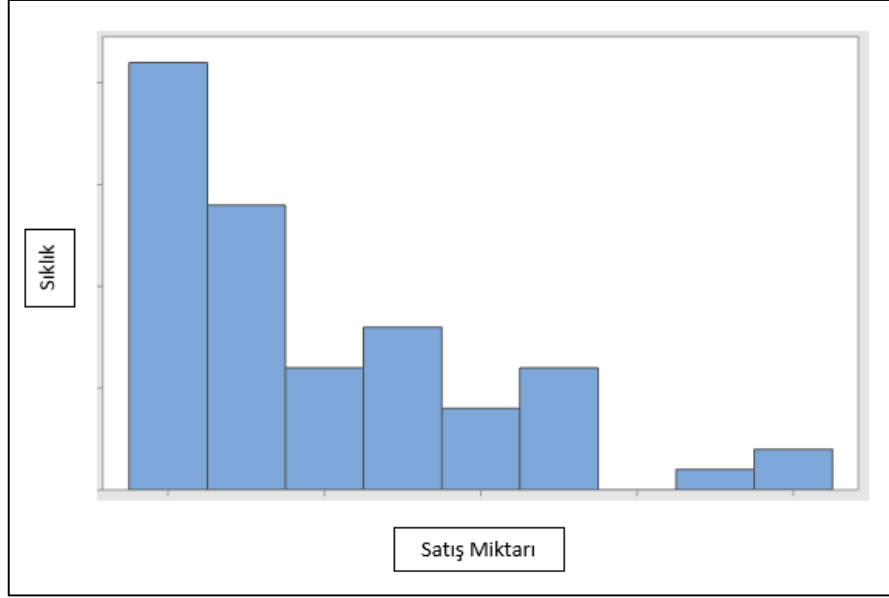
Yıl	CV ²
2016	0,96
2017	0,54
2018	1,03
2019	0,98
2020	4,56
2021	1,27
2022	1,23

Tablo 16’da yıllara göre CV² değerleri verilmiştir. Buna göre, 2020 yılında CV²’nin veri genelindeki değişkenlikten çok daha yüksek bir değişkenliğe sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Aylık satış verileri incelendiğinde de bu farklılık gözlemlenebilmektedir. Verideki değişkenliğin veri setinin modellenmesinde problem oluşturduğu, bu nedenle alınan hata oranlarının aralıklı talep tahmin yöntemlerinde standart yöntemlere göre daha fazla olduğu ve tüm yöntemler göz önüne alındığında Tip-2 Kamerayı modellemekte

başarıya ulaştığı söylenebilecek herhangi bir yöntem bulunmadığı sonuçlarına ulaşılmaktadır.

5.1.5. Tip-3 Kameraya Yönelik Talep Tahmin Uygulamaları

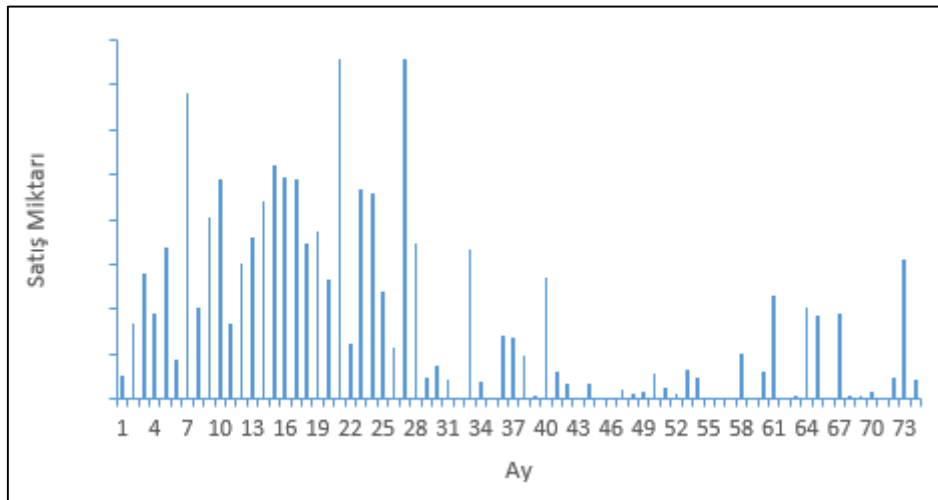
Tip-3 Kamera taleplerinin histogramı Şekil 28’de sunulmuştur.



Şekil 28. Tip-3 Kamera Talep Histogramı

Tip-3 Kamerada da diğer kameralarda olduğu gibi değişken seyreden bir görüntü karşımıza çıkmaktadır. Genel anlamda dağılım Tip-2 Kameraya benzemektedir. Bunun nedeni kullanım sıklığı ve talep oranlarının Tip-2 Kamera ve Tip-3 Kamera için benzer olmasıdır.

Şekil 29’da ise Tip-3 Kameranın aylık satış verileri gösterilmiştir. Değişken taleplerin varlığı bu grafikte bir kez daha gözlemlenmektedir.



Şekil 29. Tip-3 Kameranın Aylık Satış Verisi

5.1.5.1. Aylar ile Satış Verisi İlişkisi

Tip-3 Kamerayı tahminlemek amacıyla 62 aylık öğrenme verisinin regresyon sonuçları Şekil 30'da sunulmuştur.

Regresyon Eşitliği					
Tip-3 Kamera = 99,4 + 44,4 Ay - 1,900 Ay ² + 0,01931 Ay ³					
Model Sonucu					
S	R ²	R ² (adj)	R ² (pred)		
140,766	54,71%	52,37%	49,14%		
Varyans Analizi					
Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Regresyon	3	1388523	462841	23,36	0,000
Ay	1	363138	363138	18,33	0,000
Ay ²	1	493172	493172	24,89	0,000
Ay ³	1	467394	467394	23,59	0,000
Hata	58	1149271	19815		
Toplam	61	2537793			

Şekil 30. Tip-3 Kamera Regresyon Sonuçları

Son 12 ayın tahminlenmesinde diğer iki kamera tipinde olduğu gibi hata alınmıştır.

5.1.5.2. Aylar ile Satış Verisi İlişkisinin Mevsimsel Olarak Ele Alınması

Aylar ve satış verisi ilişkisi arasındaki mevsimsel analizin Tip-3 Kamera için verdiği sonuçlar Şekil 31'de yer almaktadır.

Regresyon Eşitliği	
Tip-3 Kamera = 397,4 - 6,76 Ay - 46 A11 + 0 A12 + 109 A1 + 2 A2 + 28 A3 - 70 A4 + 45 A5 - 66 A6 + 63 A7 + 19 A8 - 16 A9	

Şekil 31. Tip-3 Kamera Mevsimsel Regresyon Eşitliği

Şekil 32'de ise regresyona ait sonuçlar ve ANOVA tablosu yer almaktadır. Sonuçlar diğer yöntemlerle birlikte kıyaslanacaktır.

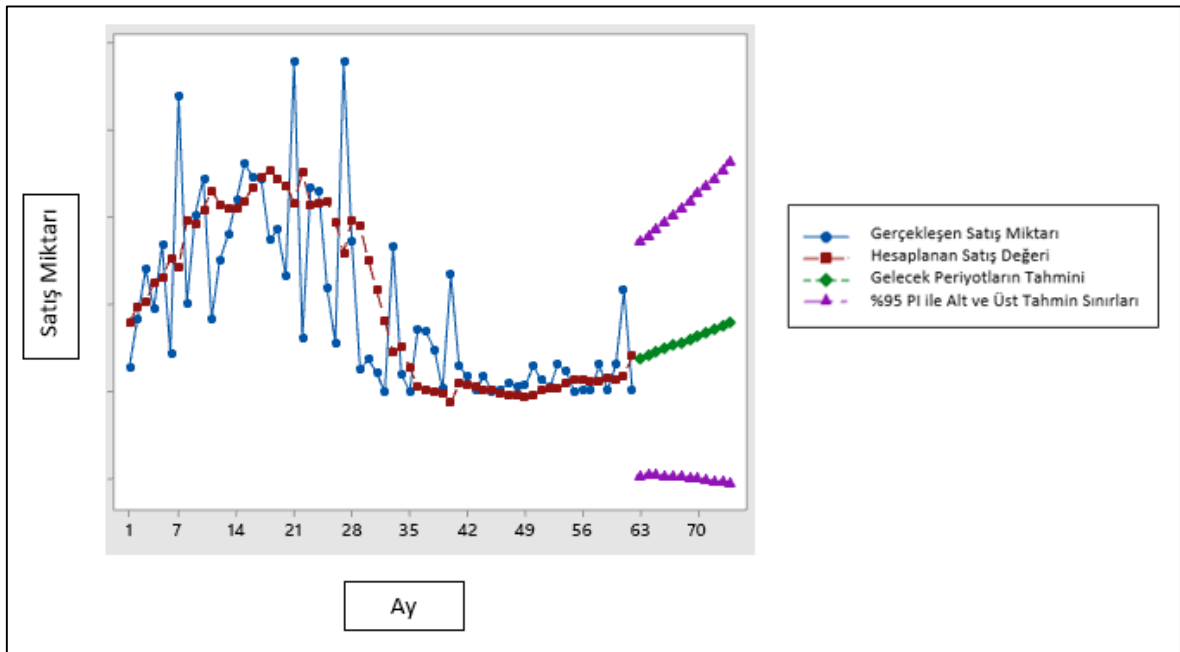
Model Sonucu			
S	R ²	R ² (adj)	R ² (pred)
174,180	41,42%	27,08%	7,51%

Varyans Analizi					
Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Regresyon	12	1051201	87600	2,89	0,004
Ay	1	894938	894938	29,50	0,000
A11	1	5829	5829	0,19	0,663
A12	1	0	0	0,00	0,999
A1	1	32297	32297	1,06	0,307
A2	1	7	7	0,00	0,988
A3	1	1922	1922	0,06	0,802
A4	1	12069	12069	0,40	0,531
A5	1	4944	4944	0,16	0,688
A6	1	9628	9628	0,32	0,576
A7	1	9945	9945	0,33	0,570
A8	1	947	947	0,03	0,860
A9	1	653	653	0,02	0,884
Hata	49	1486592	30339		
Toplam	61	2537793			

Şekil 32. Tip-3 Kamera Mevsimsel Regresyon Sonuçları

5.1.5.3. İkili Üstel Düzeltme

DES yöntemi ile alınan sonuçlar Şekil 33'te sunulmuştur.

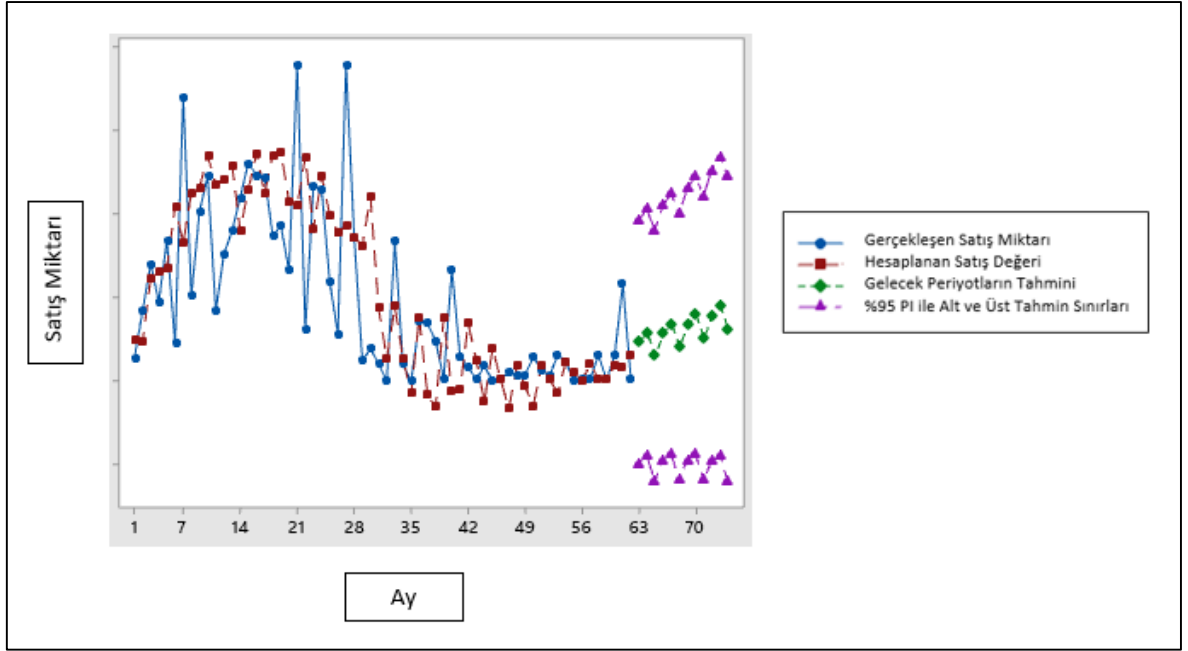


Şekil 33. Tip-3 Kamera Taleplerinin DES Yöntemi ile Tahmin Edilmesi

Şekil 33'e bakıldığında DES yönteminin veri setinin modellenmesinde başarısız olduğu söylenebilmektedir. Önümüzdeki 12 ayki taleplerin artış göstereceği öngörülmüş olup sonuçlar tüm yöntemlerle birlikte tartışılacaktır.

5.1.5.4. Üçlü Üstel Düzeltme

Winters yöntemi ile alınan sonuçlar Şekil 34'te yer almaktadır.



Şekil 34. Tip-3 Kamera Taleplerinin Winters Yöntemi ile Tahmin Edilmesi

Modelin gerçek veriler ile uyumlu olmadığı gözlemlenmektedir. Taleplerin sırayla artıp azaldığı bir son 12 ay tahmininde bulunulmuştur. Sonuçlar tüm sonuçlar ile birlikte değerlendirilecektir.

5.1.5.5. Aralıklı Talep Tahmin Yöntemleri

SES, Croston, SBA, SBJ ve TSB yöntemlerinin kullanılabilirliğini incelemek açısından hesaplanan ADI ve CV^2 değerleri Tablo 17'deki gibidir.

Tablo 17. Tip-3 Kamera CV^2 ve ADI Değerleri

	Tip-3 Kamera	Sınır Değer	Sonuç
CV^2	1,28	0,49	$CV^2 > 0,49$
ADI	1,07	1,32	$ADI < 1,32$

$CV^2 > 0,49$ ve $ADI < 1,32$ olduğundan SBA dörtgeninde 1. bölgede kalan Tip-3 Kamera için yine aralıklı talep tahmin yöntemlerinin daha iyi sonuç vereceği öngörülmüştür. Analizler sonrası alınan tüm sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Croston (1972) çalışmasındaki talep büyüklüğü ve talep aralığı varsayımları test edilmiş, Cohen (2013) tarafından belirlenen sınırlara göre sonuçlar Tablo 18’de, R 4.3.2 yazılımı ile yapılan talep tahminlerinin sonuçları ise Tablo 19’da sunulmuştur.

Tablo 18. Tip-3 Kamera Z ve T Değerleri Korelasyon Sonuçları

İlişki	Değer	Sonuç
Talep Büyüklüğü (Z) ve Talep Aralığı (T) Korelasyonu	-0,113	Düşük negatif korelasyon
Ardışık Talep Büyüklüğü (Z) Otokorelasyonu	0,387	Orta derece pozitif korelasyon

Tablo 19. Tip-3 Kamera Tahmin Sonuçları

Yöntem	SES	Cros	SBA	SBJ	TSB	Reg2	Reg3	DES	Winters	Plan_Ürt
PE (%)	-24,93	38,42	5,00	3,83	3,62	431,22	-170,03	35,90	41,87	-37,09
Sıralama	4	7	3	2	1	10	9	5	8	6

Tablo 19’da Reg2 5.1.4.1.’de bahsedilen aylar ile satış verileri arasındaki ilişkiyi, Reg3 ise 5.1.4.2’de bahsedilen aylar ile satış verileri arasındaki ilişkinin mevsimsellik hesaba katılarak incelenmesini simgelemektedir. Sonuçlara bakıldığında öngörülene paralel şekilde aralıklı talep tahmin yöntemlerinin başarılı sonuç verdiği gözlemlenmektedir. Regresyon yöntemlerinin yine diğer tip kameralarda olduğu gibi ilişki kurulamayacak seviyede farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Standart talep tahmin yöntemlerinde ise %50 veya üzerinde stok artışı oluşmaktadır. Planlanan üretim ve gerçekleşme incelendiğinde yıl içerisinde %37’lik bir stok eksikliği ortaya çıktığı görülmektedir, ki bu oldukça önemli bir orandır. Aralıklı talep tahmin yöntemleri ise %5’i bulmayan stok artırımları ile istenen sonuçları vermiştir.

5.1.6. 2023 Yılı Talep Tahmin Sonuçları

2023 yılı verileri de dahil edilerek çalışma tüm kamera tipleri için tekrarlanmıştır. Çalışmada 86 aylık satış verisi bulunmakta olup bu verilerden ilk 74 ayı öğretim, son 12 ayı test için kullanılmıştır. Reg1 ve Reg2 olarak isimlendirilen regresyonlar daha önceki kısımlarda başarısız sonuçlandığı için bu kısımda kullanılmamıştır. Standart ve aralıklı talep tahmin yöntemlerinin karşılaştırması Tablo 20’de sunulmuştur.

Tablo 20. 2023 Yılı Kameralara ait Talep Tahmin Sonuçları

TİP-1	Yöntem	SES	Cros	SBA	SBJ	TSB	DES	Winters	Plan_Ürt
	PE (%)	188,99	42,70	41,02	44,01	42,25	282,31	328,37	50,76
	Sıralama	6	3	1	4	2	7	8	5
TİP-2	Yöntem	SES	Cros	SBA	SBJ	TSB	DES	Winters	Plan_Ürt
	PE (%)	-49,77	-8,25	-8,23	-8,24	-23,49	-78,68	-38,56	-37,26
	Sıralama	7	3	1	2	4	8	6	5
TİP-3	Yöntem	SES	Cros	SBA	SBJ	TSB	DES	Winters	Plan_Ürt
	PE (%)	60,98	58,47	58,52	58,95	58,82	95,50	106,08	63,82
	Sıralama	5	1	2	4	3	7	8	6

Analizde en iyi sonucun Tip-2 Kamerada yakalandığı gözlemlenmektedir. Ne var ki, tüm sonuçlar eksi hata ile sonuçlanmıştır. Bu da stok eksikliği anlamına gelmektedir. Bununla birlikte, en az stok eksikliği aralıklı talep tahmin yöntemlerinde görülmüştür. Bütçe döneminde öngörülen sayılar gerçekleştirmelerden %37 eksikken bu oran neredeyse %8'e kadar düşürülmüştür.

Tip-1 ve Tip-3 Kameralar için ise sonuçların iyi çıktığı söylenememekle birlikte, her üç kamera tipi için de aralıklı talep tahmin yönteminin en iyi seçenek olduğu gözlemlenmektedir. Yine her iki kamera tipinde de bütçe döneminde planlanan sayılara göre daha iyi tahminleme yapıldığı görülmektedir. Yukarıdaki sebepler dolayısıyla her üç kamera tipi için de aralıklı talep tahmininin iyi bir tercih olduğu söylenebilir.

5.1.7. Tartışma

Pilot proje ve kamera tipleri için yapılan uygulamalarda regresyon analizi, basit, ikili ve üçlü üstel düzeltme ile aralıklı talep tahmin yöntemleri kullanılmıştır. İlk etapta çeşitli değişkenlerin regresyon denkleminde eklenmesiyle bir model kurulmaya çalışılmıştır. Fakat iç/dış etkenler oldukça fazla, değişken ve yoruma açık olduğundan bu kısımda başarılı sonuçlar elde edilememiştir. Bu noktada üstel düzeltme yöntemlerinden yola çıkan aralıklı talep tahmin yöntemleri devreye alınmıştır. Aralıklı talep tahmin yöntemleri miktarın ve sıklığın değişkenlik gösterdiği taleplerin tahmininde kullanılır. Belirsizliğin fazla olduğu bu tez çalışması kapsamında büyük resmi görebilmek amacıyla 2022 ve 2023 yılları için yıllık talep tahmini yapılmıştır. Aralıklı talep tahmin yöntemlerinden parametrik olanlar tercih edilmiştir. Bunun nedeni literatürdeki parametrik olmayan makine öğrenmesi, yapay sinir ağları vb. yöntemlere yönelik başarılı uygulamaların 500'ün üzerindeki periyotlarda veri seti içerdiğinin gözlemlenmiş olmasıdır. Parametrik yöntemlerde ise 24 periyot ve üzerindeki veri setleri için başarılı uygulamaların olduğu görülmüştür.

Kullanılan tüm yöntemler arasında genel olarak en başarılı sonucu aralıklı talep tahmin yöntemleri vermiştir. Fakat kamera tiplerine göre hata oranları değişkenlik göstermiştir. Bunun nedeni kamera tiplerinin satış miktarlarındaki dağılımdır. Kameraların aylık satış miktarları ve satış yapılmayan ayların sayısı dağılımı değiştirmektedir. Satış miktarındaki değişkenlik ve satış yapılmayan ayların sayısı azaldıkça veriler daha düzenli bir hal almakta, bu da tahmin sonuçlarını olumlu etkilemektedir.

5.2. Envanter Yönetim Uygulamaları

Uygulamanın ikinci kısmında öngörülen talep miktarlarına göre çeyrek bazında envanter planlaması yapılmıştır. Pilot uygulama kapsamında 2023 yılı Tip-1 Kamera verileri kullanılmıştır. Uygulanacak yöntemler Silver-Meal, LUC ve L4L olarak belirlenmiştir. Her üç yöntem için de, ilgili verilerde en iyi sonucu vermiş olan SBA yönteminin yıllık tahmin değerine yönelik envanter planı yapılmış, çıkan sonuçlar planlanan yıllık üretim değeri ile kıyaslanmıştır. SBA yönteminin yıllık tahmin değerine göre yapılacak envanter planlamasının en başarılı sonucu vereceği tüm aralıklı talep tahmin yöntemleri için çeyrek bazında mutlak yüzde hata (MAPE) hesaplanarak doğrulanmıştır. Gizlilik sebebiyle hesaplamalar belli bir oran kullanılarak değiştirilmiş ve hesaplamada değiştirilen sayılar kullanılmıştır. Hesaplama tablosu Tablo 21’de sunulmuştur.

Tablo 21. 2023 Tip-1 Kamera Aralıklı Talep Tahmin Değerlerine Yönelik Çeyrek Bazında MAPE Hesaplaması

MAPE (Çeyrek Bazında)	Q1 MAPE	Q2 MAPE	Q3 MAPE	Q4 MAPE	Toplam
Croston	10	3	10	8	31
SBA	9	3	10	8	30
SBJ	10	3	11	8	32
TSB	10	3	10	8	31
Plan Ürt	9	4	26	25	64

SBA yöntemindeki yıllık değer çeyreklere bölünmesinde 2017 ile 2022 yılları arasındaki yüzdesel satış dağılımının ortalaması kullanılmıştır. Planlanan yıllık üretim değeri ise ilgili ekiplerce 2022 sonunda elde olan bilgilerle yapılmış olan ilk planlama anlamına gelmekte olup yıl içerisinde planlar güncellenmektedir. SBA yönteminde hesaplanan değer de ilk hesaplama olup gerçekleştirmeler olduğunda güncellenebileceğinden karşılaştırma mevcut ilk plan ile yapılmıştır. İlerleyen bölümlerde yapılacak olan karşılaştırma uğranan zararın göstergesi olarak alınmamalıdır. Bir sonraki yıl için yapılan ilk planlamanın ne kadar iyileştirilebileceğini vurgulamak amaçlanmıştır. Gizlilik sebebiyle gerçekleştirmeler belli bir

oran kullanılarak değiştirilmiş ve uygulamada değiştirilen sayılar kullanılmıştır. Kullanılan sayılar Tablo 22’de paylaşılmıştır.

Tablo 22. Envanter Planlamasında Kullanılan Sayılar

Yöntem	Q1	Q2	Q3	Q4	Toplam
SBA	22	17	23	38	100
Plan Ürt	4	10	39	55	108
Gerçekleşme	13	14	13	30	70

Farklı yöntemlerle yapılan hesaplamalarda kullanılacak maliyetlerden biri de ceza maliyetidir. Ceza maliyeti, stok eksikliği olduğunda oluşmakta olup teslimat yapılamaması nedeniyle ilgili projenin sözleşmesi hükmünce uygulanacak olan cezanın maliyetini oluşturmaktadır. İlerleyen kısımlarda c simgesi ile ifade edilecektir.

5.2.1. Silver-Meal Uygulaması

A değeri değişkenlik gösterdiğinden, Silver-Meal ve takip eden uygulamalarda A/h oranı için olası farklı senaryolarda çalışma yapılmıştır. A/h oranının 1, 10, 20, 50 ve 100 olduğu beş senaryo belirlenmiş, bu senaryoların her biri için envanter planlaması yapılmıştır.

5.2.1.1. Senaryo-1: A/h=1

İlk olarak SBA Yönteminin Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlaması için hesaplama yapılmış olup sonuçlar aşağıda paylaşılmıştır.

• İlk Üretim

$$TRCUT(1) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 17A}{2} = 9A$$

$TRCUT(1) < TRCUT(2)$ olduğundan ilk siparişi sadece Q1 için geçme kararı verilir.

• İkinci Üretim

$$TRCUT(2) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(3) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 23A}{2} = 12A$$

$TRCUT(2) < TRCUT(3)$ olduğundan ikinci siparişi sadece Q2 için geçme kararı verilir.

- **Üçüncü ve Dördüncü Üretim**

$$TRCUT(3) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(4) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 38A}{2} = 19,50 A$$

$TRCUT(3) < TRCUT(4)$ olduğundan üçüncü siparişi sadece Q3 için geçme kararı verilir. Dördüncü sipariş ise son periyot olan Q4 için geçilir. Sipariş planlaması “Q1 – Q2 – Q3 – Q4” olarak yapılır.

Mevcut Yöntem Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplama aşağıda paylaşılmıştır.

- **İlk Üretim**

$$TRCUT(1) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 10A}{2} = 5,50A$$

$TRCUT(1) < TRCUT(2)$ olduğundan ilk üretimi sadece Q1 için yapma kararı verilir.

- **İkinci Üretim**

$$TRCUT(2) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(3) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 39A}{2} = 20A$$

$TRCUT(2) < TRCUT(3)$ olduğundan ikinci üretimi sadece Q2 için yapma kararı verilir.

- **Üçüncü ve Dördüncü Üretim**

$$TRCUT(3) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(4) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 55A}{2} = 28 A$$

$TRCUT(3) < TRCUT(4)$ olduğundan üçüncü üretimi sadece Q3 için yapma kararı verilir. Dördüncü üretim ise son periyot olan Q4 için yapılır. Üretim planlaması “Q1 – Q2 – Q3 – Q4” olarak yapılır.

SBA ve Mevcut Yöntem Yıllık Tahminine göre yapılan planlamalara ait gerçekleşme tabloları Tablo 23'te paylaşılmıştır.

Tablo 23. Silver Meal Senaryo 1: A/h=1 Envanter Planlama Sonuçları

Kullanılan Tahmin Yöntemi	SBA Yöntemi Yıllık Tahmini				Mevcut Yöntem Yıllık Tahmini			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Periyot başındaki stok	22	26	35	60	4	1	26	68
Gerçekleşme	13	14	13	30	13	14	13	30
Kalan	9	12	22	30	-9	-13	13	38
Maliyet	4A+73h				4A+51h+22c			

SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasındaki maliyet için ilk olarak kurulum maliyeti kontrol edilir. Her çeyreğin başında üretim yapılacağından 4A'lık bir kurulum maliyeti oluşmaktadır. Sonrasında çeyrek sonundaki stok durumu incelenir. Dört çeyrekte de stok fazlası olduğundan $9h+12h+22h+30h=73h$ 'lık bir stok tutma maliyeti oluştuğu görülür. Toplamda $4A+73h$ 'lık bir maliyet oluşmaktadır.

Mevcut Yöntem Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasındaki maliyet için benzer şekilde 4A'lık kurulum maliyeti oluşmaktadır. Stok durumları incelendiğinde ise ilk iki periyotta stok eksikliği, son iki periyotta ise stok fazlası oluştuğu görülür. Son iki periyottaki stok fazlasından $13h+38h=51h$ 'lık stok tutma maliyeti oluşur. İlk iki periyottaki stok eksikliğinden ise $9c+13c=22c$ 'lik bir ceza maliyeti oluşmaktadır. Toplamda $4A+51h+22c$ 'lik bir maliyet oluştuğu görülmektedir.

İki plan arasından SBA'ya göre yapılanda daha fazla stok tutma maliyeti oluşmakta ama ceza maliyeti oluşmamaktadır. Ceza maliyeti çalışma yapılan kurum tarafından tercih edilmemektedir. Çünkü maliyetin büyüklüğü gecikme yaşanan sözleşmeye göre değişmekle birlikte stok tutma maliyetine göre oldukça yüksektir. Ayrıca maliyet dışında belirli işler için ihale yasaklısı olma, gecikme yaşanan projenin teslimat yapılmış kısımlarında ödeme alamama, ilgili müşteri ve benzeri müşteriler için kötü bir referans olarak sonraki işlerin olumsuz etkilenmesi gibi maliyeti daha da artıran durumlar söz konusudur. Bu nedenle $4A+73h < 4A+51h+22c$ ifadesi doğru olacak ve $h < c$ olduğu her durumda bu ifade geçerliliğini koruyacaktır. Ceza maliyetinin stok tutma maliyetinden çok daha fazla olduğu bilindiğinden SBA yönteminin yıllık tahminine göre yapılan envanter planlamasının daha avantajlı olduğu sonucuna varılmaktadır.

5.2.1.2. Senaryo-2: A/h=10

SBA Yönteminin Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplamanın sonuçları aşağıdaki gibidir.

- **İlk Üretim**

$$TRCUT(1) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 17A * 0,1}{2} = 1,35A$$

$TRCUT(1) < TRCUT(2)$ olduğundan ilk üretimi sadece Q1 için yapma kararı verilir.

- **İkinci Üretim**

$$TRCUT(2) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(3) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 23A * 0,1}{2} = 1,65A$$

$TRCUT(2) < TRCUT(3)$ olduğundan ikinci üretimi sadece Q2 için yapma kararı verilir.

- **Üçüncü ve Dördüncü Üretim**

$$TRCUT(3) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(4) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 38A * 0,1}{2} = 2,40 A$$

$TRCUT(3) < TRCUT(4)$ olduğundan üçüncü üretimi sadece Q3 için yapma kararı verilir.

Dördüncü üretim ise son periyot olan Q4 için yapılır. Üretim planlaması “Q1 – Q2 – Q3 – Q4” olarak yapılır.

Mevcut Yöntem Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplama aşağıda paylaşılmıştır.

- **İlk Üretim**

$$TRCUT(1) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 10A * 0,1}{2} = A$$

$$TRCUT(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{3} = \frac{A + 10A * 0,1 + 2 * 39A * 0,1}{3} = 3,27A$$

TRCUT(2)<TRCUT(3) olduğundan ilk üretimi Q1 ve Q2 için yapma kararı verilir.

- İkinci ve Üçüncü Üretim

$$TRCUT(3) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(4) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 55A * 0,1}{2} = 3,25 A$$

TRCUT(3)<TRCUT(4) olduğundan ikinci üretimi sadece Q3 için yapma kararı verilir. Üçüncü üretim ise son periyot olan Q4 için yapılır. Üretim planlaması “Q1&Q2 – Q3 – Q4” olarak yapılır.

SBA ve Mevcut Yöntem Yıllık Tahminine göre yapılan planlamalara ait gerçekleşme tabloları Tablo 24’te paylaşılmıştır.

Tablo 24. Silver Meal Senaryo 2: A/h=10 Envanter Planlama Sonuçları

Kullanılan Tahmin Yöntemi	SBA Yöntemi Yıllık Tahmini				Mevcut Yöntem Yıllık Tahmini			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Periyot başındaki stok	22	26	35	60	14	1	26	68
Gerçekleşme	13	14	13	30	13	14	13	30
Kalan	9	12	22	30	1	-13	13	38
Maliyet	4A+73h				3A+52h+13c			

SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasında ceza maliyeti oluşmamakta, Mevcut Yönteme göre yapılan planda ise ceza maliyeti oluşmaktadır. Bu durum toplam maliyeti oldukça yükselttiğinden $4A+73h < 3A+52h+13c$ ifadesi doğru olacak ve SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasının daha uygun bir yöntem olduğuna karar verilecektir.

5.2.1.3. Senaryo-3: A/h=20

SBA Yönteminin Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplamaların sonuçları aşağıdaki gibidir.

- İlk Üretim

$$TRCUT(1) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 17A * 0,05}{2} = 0,93A$$

$$TRCUT(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{3} = \frac{A + 17A * 0,05 + 2 * 23A * 0,05}{3} = 1,38A$$

TRCUT(2)<TRCUT(3) olduğundan ilk üretimi Q1 ve Q2 için yapma kararı verilir.

- **İkinci Üretim**

$$TRCUT(3) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(4) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 38A * 0,05}{2} = 1,45A$$

TRCUT(3)<TRCUT(4) olduğundan ikinci üretimi sadece Q3 için yapma kararı verilir. Üçüncü üretim ise son periyot olan Q4 için yapılır. Üretim planlaması “Q1&Q2 – Q3 – Q4” olarak yapılır.

Mevcut Yöntem Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplama aşağıda paylaşılmıştır.

- **İlk Üretim**

$$TRCUT(1) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 10A * 0,05}{2} = 0,75A$$

$$TRCUT(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{3} = \frac{A + 10A * 0,05 + 2 * 39A * 0,05}{3} = 1,80A$$

TRCUT(2)<TRCUT(3) olduğundan ilk üretimi Q1 ve Q2 için yapma kararı verilir.

- **İkinci ve Üçüncü Üretim**

$$TRCUT(3) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(4) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 55A * 0,05}{2} = 1,88 A$$

TRCUT(3)<TRCUT(4) olduğundan ikinci üretimi sadece Q3 için yapma kararı verilir. Üçüncü üretim ise son periyot olan Q4 için yapılır. Üretim planlaması “Q1&Q2 – Q3 – Q4” olarak yapılır.

SBA ve Mevcut Yöntem Yıllık Tahminine göre yapılan planlamalara ait gerçekleşme tabloları Tablo 25’te paylaşılmıştır.

Tablo 25. Silver Meal Senaryo 3: A/h=20 Envanter Planlama Sonuçları

Kullanılan Tahmin Yöntemi	SBA Yöntemi Yıllık Tahmini				Mevcut Yöntem Yıllık Tahmini			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Periyot başındaki stok	39	26	35	60	14	1	26	68
Gerçekleşme	13	14	13	30	13	14	13	30
Kalan	26	12	22	30	1	-13	13	38
Maliyet	3A+90h				3A+52h+13c			

SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasında ceza maliyeti oluşmamakta, Mevcut Yönteme göre yapılan planda ise ceza maliyeti oluşmaktadır. Bu durum toplam maliyeti oldukça yükselttiğinden $3A+90h < 3A+52h+13c$ olduğu söylenebilir. Bu nedenle SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasının daha uygun bir yöntem olduğuna karar verilir.

5.2.1.4. Senaryo-4: A/h=50

SBA Yönteminin Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplamaların sonuçları aşağıdaki gibidir.

- İlk Üretim

$$TRCUT(1) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 17A * 0,02}{2} = 0,67A$$

$$TRCUT(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{3} = \frac{A + 17A * 0,02 + 2 * 23A * 0,02}{3} = 0,75A$$

$TRCUT(2) < TRCUT(3)$ olduğundan ilk üretimi Q1 ve Q2 için yapma kararı verilir.

- İkinci Üretim

$$TRCUT(3) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(4) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 38A * 0,02}{2} = 0,88A$$

$TRCUT(4) < TRCUT(3)$ olduğundan ikinci üretimi Q3 ve Q4 için yapma kararı verilir. Üçüncü üretim ise son periyot olan Q4 için yapılır. Üretim planlaması “Q1&Q2 – Q3&Q4” olarak yapılır.

Mevcut Yöntem Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplama aşağıda paylaşılmıştır.

- **İlk Üretim**

$$TRCUT(1) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 10A * 0,02}{2} = 0,60A$$

$$TRCUT(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{3} = \frac{A + 10A * 0,02 + 2 * 39A * 0,02}{3} = 0,92A$$

TRCUT(2)<TRCUT(3) olduğundan ilk üretimi Q1 ve Q2 için yapma kararı verilir.

- **İkinci ve Üçüncü Üretim**

$$TRCUT(3) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(4) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 55A * 0,02}{2} = 1,05 A$$

TRCUT(3)<TRCUT(4) olduğundan ikinci üretimi sadece Q3 için yapma kararı verilir. Üçüncü üretim ise son periyot olan Q4 için yapılır. Üretim planlaması “Q1&Q2 – Q3 – Q4” olarak yapılır.

SBA ve Mevcut Yöntem Yıllık Tahminine göre yapılan planlamalara ait gerçekleşme tabloları Tablo 26’da paylaşılmıştır.

Tablo 26. Silver Meal Senaryo 4: A/h=50 Envanter Planlama Sonuçları

Kullanılan Tahmin Yöntemi	SBA Yöntemi Yıllık Tahmini				Mevcut Yöntem Yıllık Tahmini			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Periyot başındaki stok	39	26	73	60	14	1	26	68
Gerçekleşme	13	14	13	30	13	14	13	30
Kalan	26	12	60	30	1	-13	13	38
Maliyet	2A+128h				3A+52h+13c			

SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasında ceza maliyeti oluşmamakta, Mevcut Yönteme göre yapılan planda ise ceza maliyeti oluşmaktadır. Bu durum toplam maliyeti oldukça yükselttiğinden $2A+128h < 3A+52h+13c$ olduğu söylenebilir. Bu nedenle SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasının daha uygun bir yöntem olduğuna karar verilir.

5.2.1.5. Senaryo-5: A/h=100

SBA Yönteminin Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplamaların sonuçları aşağıdaki gibidir.

- **İlk ve İkinci Üretim**

$$TRCUT(1) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 17A * 0,01}{2} = 0,59A$$

$$TRCUT(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{3} = \frac{A + 17A * 0,01 + 2 * 23A * 0,01}{3} = 0,54A$$

$$\begin{aligned} TRCUT(4) &= \frac{A + D(2)h + 2D(3)h + 3D(4)h}{4} \\ &= \frac{A + 17A * 0,01 + 2 * 23A * 0,01 + 3 * 38A * 0,01}{4} = 0,69A \end{aligned}$$

TRCUT(3)<TRCUT(4) olduğundan ilk üretimi Q1, Q2 ve Q3 için yapma kararı verilir. İkinci üretim ise son periyot olan Q4 için yapılır. Üretim planlaması “Q1&Q2&Q3 – Q4” olarak yapılır.

Mevcut Yöntem Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplama aşağıda paylaşılmıştır.

- **İlk Üretim**

$$TRCUT(1) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 10A * 0,01}{2} = 0,55A$$

$$TRCUT(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{3} = \frac{A + 10A * 0,01 + 2 * 39A * 0,01}{3} = 0,63A$$

TRCUT(2)<TRCUT(3) olduğundan ilk üretimi Q1 ve Q2 için yapma kararı verilir.

- **İkinci Üretim**

$$TRCUT(3) = \frac{A}{1} = A$$

$$TRCUT(4) = \frac{A + D(2)h}{2} = \frac{A + 55A * 0,01}{2} = 0,78 A$$

TRCUT(3)<TRCUT(4) olduğundan ikinci üretimi Q3 ve Q4 için yapma kararı verilir. Üretim planlaması “Q1&Q2 – Q3&Q4” olarak yapılır.

SBA ve Mevcut Yöntem Yıllık Tahminine göre yapılan planlamalara ait gerçekleşme tabloları Tablo 27’de paylaşılmıştır.

Tablo 27. Silver Meal Senaryo 5: A/h=100 Envanter Planlama Sonuçları

Kullanılan Tahmin Yöntemi	SBA Yöntemi Yıllık Tahmini				Mevcut Yöntem Yıllık Tahmini			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Periyot başındaki stok	62	49	35	60	14	1	81	68
Gerçekleşme	13	14	13	30	13	14	13	30
Kalan	49	35	22	30	1	-13	68	38
Maliyet	2A+136h				2A+107h+13c			

SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasında ceza maliyeti oluşmamakta, Mevcut Yönteme göre yapılan planda ise ceza maliyeti oluşmaktadır. Bu durum toplam maliyeti oldukça yükselttiğinden $2A+136h < 2A+107h+13c$ ifadesi doğru olacaktır. Bu nedenle SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasının daha uygun bir yöntem olduğuna karar verilir.

Silver-Meal yönteminin bu zamana kadar incelenen tüm sonuçları Tablo 28’de özetlenmiştir.

Tablo 28. Silver-Meal Yöntemi Özet Tablosu

A/h Oranı	Yöntem	Üretim Planı	Maliyet
1	SBA Yıllık Talep Tahmini	Q1 – Q2 – Q3 – Q4	4A+73h
	Mevcut Yıllık Talep Tahmini	Q1 – Q2 – Q3 – Q4	4A+51h+22c
10	SBA Yıllık Talep Tahmini	Q1 – Q2 – Q3 – Q4	4A+73h
	Mevcut Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2 – Q3 – Q4	3A+52h+13c
20	SBA Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2 – Q3 – Q4	3A+90h
	Mevcut Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2 – Q3 – Q4	3A+52h+13c
50	SBA Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2 – Q3&Q4	2A+128h
	Mevcut Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2 – Q3 – Q4	3A+52h+13c
100	SBA Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2&Q3 – Q4	2A+136h
	Mevcut Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2 – Q3&Q4	2A+107h+13c

Silver-Meal yönteminde diğer etkenlerden bağımsız olarak ilgili periyotta oluşan toplam maliyete bakılmaktadır. Bu durum periyot bazında oluşan yüksek maliyetin sebebinin incelenmesini engelleyeceğinden kurum için iyi bir yaklaşım olmayacağını söylemek yanlış olmayacaktır. Bununla birlikte, hem yüksek maliyet hem de repütasyon zararı nedenleriyle oluşmasının tercih edilmediği ceza maliyetinin SBA yöntemi ile tahmin edilen yıllık talep değeri ile yapılan planlamada oluşmaması, mevcut yöntemle yapılan talep tahminine yönelik planlamada ise kullanılan beş senaryonun tamamında gözlemlenmesi dikkat çekici bir

durumdur. Silver-Meal yöntemine göre SBA Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planının mevcut yöntem ile yapılan plandan daha iyi sonuç verdiği açıkça görülmektedir.

5.2.2. LUC Uygulaması

Bu kısımda Yöntem bölümünde bahsedildiği gibi maliyetin stok miktarına oranı ile birim maliyet hesaplanmış ve SBA ve mevcut yıllık talep tahminlerine göre yapılan planların sonuçları karşılaştırılmıştır.

5.2.2.1. Senaryo-1: A/h=1

İlk olarak SBA Yönteminin Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlaması için hesaplama yapılmış olup sonuçlar aşağıda paylaşılmıştır.

- **İlk Üretim**

$$TCPU(1) = \frac{A}{D(1)} = \frac{A}{22} = 0,05A$$

$$TCPU(2) = \frac{A + D(2)h}{[D(1) + D(2)]} = \frac{A + 17A}{39} = 0,46A$$

TCPU(1)<TCPU(2) olduğundan ilk siparişi sadece Q1 için geçme kararı verilir.

- **İkinci Üretim**

$$TPCU(2) = \frac{A}{D(2)} = \frac{A}{17} = 0,06A$$

$$TPCU(3) = \frac{A + D(2)h}{[D(2) + D(3)]} = \frac{A + 23A}{40} = 0,60A$$

TPCU(2)<TPCU(3) olduğundan ikinci siparişi sadece Q2 için geçme kararı verilir.

- **Üçüncü ve Dördüncü Üretim**

$$TPCU(3) = \frac{A}{D(3)} = \frac{A}{38} = 0,04A$$

$$TPCU(4) = \frac{A + D(2)h}{[D(3) + D(4)]} = \frac{A + 38A}{61} = 0,64 A$$

TPCU(3)<TPCU(4) olduğundan üçüncü siparişi sadece Q3 için geçme kararı verilir. Dördüncü sipariş ise son periyot olan Q4 için geçilir. Sipariş planlaması “Q1 – Q2 – Q3 – Q4” olarak yapılır.

Mevcut Yöntem Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplama aşağıda paylaşılmıştır.

- **İlk Üretim**

$$TPCU(1) = \frac{A}{D(1)} = \frac{A}{4} = 0,25A$$

$$TRCUT(2) = \frac{A + D(2)h}{[D(1) + D(2)]} = \frac{A + 10A}{14} = 0,78A$$

TPCU(1)<TPCU(2) olduğundan ilk üretimi sadece Q1 için yapma kararı verilir.

- **İkinci Üretim**

$$TPCU(2) = \frac{A}{D(2)} = \frac{A}{14} = 0,10A$$

$$TPCU(3) = \frac{A + D(2)h}{[D(2) + D(3)]} = \frac{A + 39A}{49} = 0,82A$$

TPCU(2)<TPCU(3) olduğundan ikinci üretimi sadece Q2 için yapma kararı verilir.

- **Üçüncü ve Dördüncü Üretim**

$$TPCU(3) = \frac{A}{D(3)} = \frac{A}{39} = 0,03A$$

$$TPCU(4) = \frac{A + D(2)h}{[D(3) + D(4)]} = \frac{A + 55A}{94} = 0,60 A$$

TPCU(3)<TPCU(4) olduğundan üçüncü üretimi sadece Q3 için yapma kararı verilir. Dördüncü üretim ise son periyot olan Q4 için yapılır. Üretim planlaması “Q1 – Q2 – Q3 – Q4” olarak yapılır.

SBA ve Mevcut Yöntem Yıllık Tahminine göre yapılan planlamalara ait gerçekleşme tabloları Tablo 29’da paylaşılmıştır.

Tablo 29. LUC Senaryo 1: A/h=1 Envanter Planlama Sonuçları

Kullanılan Tahmin Yöntemi	SBA Yöntemi Yıllık Tahmini				Mevcut Yöntem Yıllık Tahmini			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Periyot başındaki stok	22	26	35	60	4	1	39	55
Gerçekleşme	13	14	13	30	13	14	13	30
Kalan	9	12	22	30	-9	-13	26	25
Maliyet	4A+73h				4A+51h+22c			

SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasında ceza maliyeti oluşmamakta, Mevcut Yönteme göre yapılan planda ise ceza maliyeti oluşmaktadır. Bu durum toplam maliyeti oldukça yükselttiğinden $4A+73h < 4A+51h+22c$ ifadesi doğru olacak ve $h < c$ olduğu her durumda bu ifade geçerliliğini koruyacaktır. Ceza maliyetinin stok tutma maliyetine kıyasla çok yüksek bir maliyet olduğu bilindiğinden SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasının daha uygun bir yöntem olduğuna karar verilir.

5.2.2.2. Senaryo-2: $A/h=10$

SBA Yönteminin Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplamaların sonuçları aşağıdaki gibidir.

- **İlk Üretim**

$$TPCU(1) = \frac{A}{D(1)} = \frac{A}{22} = 0,05A$$

$$TPCU(2) = \frac{A + D(2)h}{2[D(1) + D(2)]} = \frac{A + 17A * 0,1}{39} = 0,07A$$

$TPCU(1) < TPCU(2)$ olduğundan ilk üretimi sadece Q1 için yapma kararı verilir.

- **İkinci Üretim**

$$TPCU(2) = \frac{A}{D(2)} = \frac{A}{17} = 0,06A$$

$$TPCU(3) = \frac{A + D(3)h}{[D(2) + D(3)]} = \frac{A + 17A * 0,1}{40} = 0,08A$$

$TPCU(2) < TPCU(3)$ olduğundan ikinci üretimi sadece Q2 için yapma kararı verilir.

- **Üçüncü Üretim**

$$TPCU(3) = \frac{A}{D(3)} = \frac{A}{38} = 0,04A$$

$$TPCU(4) = \frac{A + D(3)h}{[D(3) + D(4)]} = \frac{A + 17A * 0,1}{61} = 0,08A$$

$TPCU(3) < TPCU(4)$ olduğundan üçüncü üretimi sadece Q3 için yapma kararı verilir.

Dördüncü üretim son periyot olan Q4 için yapılır.

Mevcut Yöntem Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplama aşağıda paylaşılmıştır.

- **İlk Üretim**

$$TPCU(1) = \frac{A}{D(1)} = \frac{A}{4} = 0,25A$$

$$TPCU(2) = \frac{A + D(2)h}{[D(1) + D(2)]} = \frac{A + 10A * 0,1}{14} = 0,14A$$

TPCU(1)<TPCU(2) olduğundan ilk üretimi sadece Q1 için yapma kararı verilir.

- **İkinci Üretim**

$$TPCU(2) = \frac{A}{D(2)} = \frac{A}{10} = 0,10A$$

$$TPCU(3) = \frac{A + D(2)h}{[D(2) + D(3)]} = \frac{A + 10A * 0,1}{49} = 0,10A$$

$$TPCU(4) = \frac{A + D(3)h + 2D(4)h}{[D(2) + D(3) + D(4)]} = \frac{A + 10A * 0,05 + 2 * 39A * 0,05}{104} = 0,11A$$

TPCU(3)<TPCU(4) olduğundan ikinci üretimi Q2 ve Q3 için yapma kararı verilir. Üçüncü üretim ise son periyot olan Q4 için yapılır. Üretim planlaması “Q1 – Q2&Q3 – Q4” olarak yapılır.

SBA ve Mevcut Yöntem Yıllık Tahminine göre yapılan planlamalara ait gerçekleşme tabloları Tablo 30’da paylaşılmıştır.

Tablo 30. LUC Senaryo 2: A/h=10 Envanter Planlama Sonuçları

Kullanılan Tahmin Yöntemi	SBA Yöntemi Yıllık Tahmini				Mevcut Yöntem Yıllık Tahmini			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Periyot başındaki stok	22	26	35	60	4	40	26	68
Gerçekleşme	13	14	13	30	13	14	13	30
Kalan	9	12	22	30	-9	26	13	38
Maliyet	4A+73h				3A+77h+9c			

SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasında ceza maliyeti oluşmamakta, Mevcut Yönteme göre yapılan planda ise ceza maliyeti oluşmaktadır. Bu durum toplam maliyeti oldukça yükselttiğinden $4A+73h < 3A+77h+9c$ ifadesi doğru olacaktır Bu nedenle SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasının daha uygun bir yöntem olduğuna karar verilir.

5.2.2.3. Senaryo-3: A/h=20

SBA Yönteminin Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplamaların sonuçları aşağıdaki gibidir.

- **İlk Üretim**

$$TPCU(1) = \frac{A}{D(1)} = \frac{A}{22} = 0,045A$$

$$TPCU(2) = \frac{A + D(2)h}{[D(1) + D(2)]} = \frac{A + 10A * 0,05}{39} = 0,047A$$

TPCU(1)<TPCU(2) olduğundan ilk üretimi sadece Q1 için yapma kararı verilir.

- **İkinci Üretim**

$$TPCU(2) = \frac{A}{D(2)} = \frac{A}{17} = 0,06A$$

$$TPCU(3) = \frac{A + D(3)h}{[D(2) + D(3)]} = \frac{A + 23A * 0,05}{40} = 0,05A$$

$$TPCU(4) = \frac{A + D(3)h + 2D(4)h}{[D(2) + D(3) + D(4)]} = \frac{A + 23A * 0,05 + 2 * 38A * 0,05}{78} = 0,08A$$

TPCU(3)<TPCU(4) olduğundan ikinci üretimi Q2 ve Q3 için yapma kararı verilir. Üçüncü üretim ise son periyot olan Q4 için yapılır. Üretim planlaması “Q1 – Q2&Q3 – Q4” olarak yapılır.

Mevcut Yöntem Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplama aşağıda paylaşılmıştır.

- **İlk Üretim**

$$TPCU(1) = \frac{A}{D(1)} = \frac{A}{4} = 0,250A$$

$$TPCU(2) = \frac{A + D(2)h}{[D(1) + D(2)]} = \frac{A + 10A * 0,05}{14} = 0,11A$$

$$TPCU(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{[D(1) + D(2) + D(3)]} = \frac{A + 10A * 0,05 + 2 * 39A * 0,05}{53} = 0,10A$$

$$\begin{aligned}
TPCU(4) &= \frac{A + D(2)h + 2D(3)h + 3D(4)h}{[D(1) + D(2) + D(3) + D(4)]} \\
&= \frac{A + 17A * 0,05 + 2 * 23A * 0,05 + 3 * 38A * 0,05}{108} = 0,13A
\end{aligned}$$

TPCU(3)<TPCU(4) olduğundan ilk üretimi Q1, Q2 ve Q3 için yapma kararı verilir. İkinci üretim son periyot olan Q4 için yapılır.

SBA ve Mevcut Yöntem Yıllık Tahminine göre yapılan planlamalara ait gerçekleşme tabloları Tablo 31’de paylaşılmıştır.

Tablo 31. LUC Senaryo 3: A/h=20 Envanter Planlama Sonuçları

Kullanılan Tahmin Yöntemi	SBA Yöntemi Yıllık Tahmini				Mevcut Yöntem Yıllık Tahmini			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Periyot								
Periyot başındaki stok	22	49	35	60	53	40	26	68
Gerçekleşme	13	14	13	30	13	14	13	30
Kalan	9	35	22	30	40	26	13	38
Maliyet	3A+96h				2A+117h			

Her iki yönteme göre yapılan envanter planlamasında ceza maliyeti oluşmamaktadır. Bu nedenle oluşan maliyetler karşılaştırılabilir durumdadır. A=20h olduğundan tüm değerleri h cinsinden ifade ederek karşılaştırma yapılabilir. SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planında 3*20h+96h=156h’lık bir maliyet oluşmaktadır. Mevcut Yönteme göre yapılan planda ise 2*20h+117h=157h’lık bir maliyet oluştuğu görülmektedir. Bu nedenle 3A+96h<2A+117h olduğu sonucuna varılır ve SBA Yöntemi Yıllık Tahmininde daha az maliyet olduğundan bu yöntemin planlama için daha uygun olduğuna karar verilir.

5.2.2.4. Senaryo-4: A/h=50

SBA Yönteminin Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplamaların sonuçları aşağıdaki gibidir.

• İlk Üretim

$$TPCU(1) = \frac{A}{D(1)} = \frac{A}{22} = 0,05A$$

$$TPCU(2) = \frac{A + D(2)h}{[D(1) + D(2)]} = \frac{A + 17A * 0,02}{39} = 0,03A$$

$$TPCU(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{[D(1) + D(2) + D(3)]} = \frac{A + 17A * 0,02 + 2 * 23A * 0,02}{62} = 0,04A$$

TPCU(2)<TPCU(3) olduğundan ilk üretimi Q1 ve Q2 için yapma kararı verilir.

- İkinci Üretim

$$TPCU(3) = \frac{A}{D(3)} = \frac{A}{23} = 0,04A$$

$$TPCU(4) = \frac{A + D(4)h}{[D(3) + D(4)]} = \frac{A + 38A * 0,02}{61} = 0,03A$$

TPCU(4)<TPCU(3) olduğundan ikinci üretimi Q3 ve Q4 için yapma kararı verilir

Mevcut Yöntem Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplama aşağıda paylaşılmıştır.

- İlk Üretim

$$TPCU(1) = \frac{A}{D(1)} = \frac{A}{4} = 0,25A$$

$$TPCU(2) = \frac{A + D(2)h}{[D(1) + D(2)]} = \frac{A + 10A * 0,02}{14} = 0,09A$$

$$TPCU(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{[D(1) + D(2) + D(3)]} = \frac{A + 10A * 0,02 + 2 * 39A * 0,02}{53} = 0,05A$$

$$\begin{aligned} TPCU(4) &= \frac{A + D(2)h + 2D(3)h + 3D(4)h}{[D(1) + D(2) + D(3) + D(4)]} \\ &= \frac{A + 10A * 0,02 + 2 * 39A * 0,02 + 3 * 55A * 0,02}{108} = 0,06A \end{aligned}$$

TPCU(3)<TPCU(4) olduğundan ilk üretimi Q1, Q2 ve Q3 için yapma kararı verilir. İkinci üretim son periyot olan Q4 için yapılır.

SBA ve Mevcut Yöntem Yıllık Tahminine göre yapılan planlamalara ait gerçekleşme tabloları Tablo 32'de paylaşılmıştır.

Tablo 32. LUC Senaryo 4: A/h=50 Envanter Planlama Sonuçları

Kullanılan Tahmin Yöntemi	SBA Yöntemi Yıllık Tahmini				Mevcut Yöntem Yıllık Tahmini			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Periyot başındaki stok	39	26	73	60	53	40	26	68
Gerçekleşme	13	14	13	30	13	14	13	30
Kalan	26	12	60	30	40	26	13	38
Maliyet	2A+128h				2A+117h			

Her iki yönteme göre yapılan envanter planlamasında ceza maliyeti oluşmamaktadır. Bu nedenle oluşan maliyetler karşılaştırılabilir durumdadır. Her iki yöntemde de iki kez üretim yapıldığı için 2A'lık bir kurulum maliyeti oluşmaktadır. Stok tutma maliyetlerine

bakıldığında ise mevcut yöntemde daha az stok tutulduğu görülür. Bu sebeple $2A+117h < 2A+128h$ olduğu görülür ve mevcut yöntemin planlama için daha uygun olduğuna karar verilir.

5.2.2.5. Senaryo-5: $A/h=100$

SBA Yönteminin Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplamaların sonuçları aşağıdaki gibidir.

- İlk ve İkinci Üretim

$$TPCU(1) = \frac{A}{D(1)} = \frac{A}{22} = 0,05A$$

$$TPCU(2) = \frac{A + D(2)h}{[D(1) + D(2)]} = \frac{A + 17A * 0,01}{39} = 0,030A$$

$$TPCU(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{[D(1) + D(2) + D(3)]} = \frac{A + 17A * 0,01 + 2 * 23A * 0,01}{62} = 0,026A$$

$$\begin{aligned} TPCU(4) &= \frac{A + D(2)h + 2D(3)h + 3D(4)h}{[D(1) + D(2) + D(3) + D(4)]} \\ &= \frac{A + 17A * 0,01 + 2 * 23A * 0,01 + 3 * 38A * 0,01}{100} = 0,028A \end{aligned}$$

$TPCU(3) < TPCU(4)$ olduğundan ilk üretimi Q1, Q2 ve Q3 için yapma kararı verilir. İkinci üretim son periyot olan Q4 için yapılır.

Mevcut Yöntem Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlaması için yapılan hesaplama aşağıda paylaşılmıştır.

- İlk Üretim

$$TPCU(1) = \frac{A}{D(1)} = \frac{A}{4} = 0,25A$$

$$TPCU(2) = \frac{A + D(2)h}{[D(1) + D(2)]} = \frac{A + 10A * 0,01}{14} = 0,09A$$

$$TPCU(3) = \frac{A + D(2)h + 2D(3)h}{[D(1) + D(2) + D(3)]} = \frac{A + 10A * 0,01 + 2 * 39A * 0,01}{53} = 0,04A$$

$$\begin{aligned} TPCU(4) &= \frac{A + D(2)h + 2D(3)h + 3D(4)h}{[D(1) + D(2) + D(3) + D(4)]} \\ &= \frac{A + 10A * 0,01 + 2 * 39A * 0,01 + 3 * 55A * 0,01}{108} = 0,03A \end{aligned}$$

TCPU(4)<TCPU(3)<TCPU(2)<TCPU(1) olduğundan tüm periyotları içerecek tek bir üretim yapma kararı verilir.

SBA ve Mevcut Yöntem Yıllık Tahminine göre yapılan planlamalara ait gerçekleşme tabloları Tablo 33'te paylaşılmıştır.

Tablo 33. LUC Senaryo 5: A/h=100 Envanter Planlama Sonuçları

Kullanılan Tahmin Yöntemi	SBA Yöntemi Yıllık Tahmini				Mevcut Yöntem Yıllık Tahmini			
	Periyot	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3
Periyot başındaki stok	22	49	35	60	53	40	26	68
Gerçekleşme	13	14	13	30	13	14	13	30
Kalan	9	35	22	30	40	26	13	38
Maliyet	2A+136h				A+282h			

Her iki yönteme göre yapılan envanter planlamasında ceza maliyeti oluşmamaktadır. Bu nedenle oluşan maliyetler karşılaştırılabilir durumdadır. A=100h olduğundan tüm değerleri h cinsinden ifade ederek karşılaştırma yapılabilir. SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planında $2*100h+136h=336h$ 'lık bir maliyet oluşmaktadır. Mevcut Yönteme göre yapılan planda ise $100h+282h=382h$ 'lık bir maliyet olduğu görülmektedir. Bu nedenle $2A+136h < A+282h$ ifadesinin doğru olacağı sonucuna varılır. SBA Yöntemi Yıllık Tahmininde daha az maliyet olduğundan bu yöntemin planlama için daha uygun olduğuna karar verilir.

Silver-Meal yönteminin bu zamana kadar incelenen tüm sonuçları Tablo 34'te özetlenmiştir.

Tablo 34. LUC Yöntemi Özet Tablosu

A/h Oranı	Yöntem	Üretim Planı	Maliyet
1	SBA Yıllık Talep Tahmini	Q1 – Q2 – Q3 – Q4	4A+73h
	Mevcut Yıllık Talep Tahmini	Q1 – Q2 – Q3 – Q4	4A+51h+22c
10	SBA Yıllık Talep Tahmini	Q1 – Q2 – Q3 – Q4	4A+73h
	Mevcut Yıllık Talep Tahmini	Q1 – Q2&Q3 – Q4	3A+77h+9c
20	SBA Yıllık Talep Tahmini	Q1 – Q2&Q3 – Q4	3A+96h
	Mevcut Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2&Q3 – Q4	2A+117h
50	SBA Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2 – Q3&Q4	2A+128h
	Mevcut Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2&Q3 – Q4	2A+117h
100	SBA Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2&Q3 – Q4	2A+136h
	Mevcut Yıllık Talep Tahmini	Q1&Q2&Q3&Q4	A+282h

LUC yönteminde bir ürün başına düşen maliyet hesaplanmaktadır. Bu mantıkla plan yapmanın çalışılan kuruma daha uygun olduğu söylenebilir. Yine de toplam maliyetin göz

ardı edilmesi zarara sebebiyet verebileceğinden farklı envanter planlama yöntemleri incelenerek uygun yöntemin kullanılması faydalı olacaktır. Beş senaryo için sonuçlar incelendiğinde kurulum maliyeti A büyüdükçe üretimlerin birleştirilerek yapıldığı ve bu durumun ceza maliyetinden kurtulmayı sağladığı görülmektedir. Mevcut yöntem ile yapılan planda ceza maliyeti oluşma olasılığı varken SBA Yöntemi Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planında böyle bir olasılık gözlemlenmemiştir. A/h oranının değişkenlik göstermesi nedeniyle bu durum SBA Yöntemi Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planlamasını avantajlı hale getirmektedir. Bununla birlikte, A/h oranının 20’den yüksek olduğu senaryolarda ceza maliyeti oluşmamış, bu nedenle oluşan maliyetleri şeffaf bir şekilde karşılaştırma imkanı doğmuştur. A/h=20’de çok az bir farkla SBA Yöntemi Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planı, A/h=50’de ise yine çok az bir farkla mevcut yöntemle yapılan envanter planı daha uygun bulunmuştur. Kurulum maliyetinin daha da yükselerek A/h=100 olduğu senaryoda ise gözle görülür şekilde SBA Yöntemi Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planı daha az maliyetle sonuçlanmıştır. Tüm bu gözlemler sonucunda SBA Yöntemi Yıllık Talep Tahminine göre yapılan envanter planının önemli ölçüde daha başarılı olduğu sonucuna varılmaktadır.

5.2.3. L4L Uygulaması

Bu kısımda her bir periyot için ayrı üretim yapılması stok maliyeti bağımsız olarak incelenmiş ve SBA ile Plan_Ürt plan maliyetleri karşılaştırılmıştır.

SBA ve Plan_Ürt değerleri kullanılarak her periyot başında tekrar üretim yapılması yöntemi ile oluşturulan gerçekleşme tabloları Tablo 35’te paylaşılmıştır.

Tablo 35. L4L Envanter Planlama Sonuçları

Kullanılan Tahmin Yöntemi	SBA Yöntemi Yıllık Tahmini				Mevcut Yöntem Yıllık Tahmini			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Periyot başındaki stok	22	26	35	60	4	1	26	68
Gerçekleşme	13	14	13	30	13	14	13	30
Kalan	9	12	22	30	-9	-13	13	38
Maliyet	4A+73h				4A+51h+22c			

SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasında ceza maliyeti oluşmamakta, Mevcut Yönteme göre yapılan planda ise ceza maliyeti oluşmaktadır. Bu durum toplam maliyeti oldukça yükselttiğinden $4A+73h < 4A+51h+22c$ ifadesinin doğru olduğu ve $h < c$ olduğu her durumda bu sonucun geçerliliğini koruyacağı anlaşılır. Ceza maliyetinin stok tutma maliyetinden daha yüksek olduğu bilindiğinden SBA Yöntemi Yıllık

Tahminine göre yapılan envanter planlamasının daha uygun bir yöntem olduğuna karar verilir.

5.2.4. Tartışma

Tüm envanter planlamaları incelendiğinde A/h oranı düşükken L4L yöntemi ile planlama yapılabildiği, A/h oranı büyüdükçe birden fazla periyot için üretim yapma yaklaşımının sergilendiği görölmektedir. L4L yönteminde A/h oranından bağımsız olarak her zaman Tablo 35'te gösterilen planlama yapılacaktır. Bu durum katlanılan maliyeti oldukça artıracadığından L4L yüksek kurulum maliyetleri için kurum tarafından tercih edilmeyeceği söylenebilir. Her üç envanter planlama yöntemi için de SBA Yöntemi Yıllık Tahminine göre yapılan envanter planlamasının önemli ölçüde başarılı sonuç verdiği gözlemlenmektedir.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Stok yönetimi, faaliyet gösterilen alandan bağımsız olarak her firma için oldukça önemlidir. Bununla birlikte, talep sıklığının ve miktarının değişkenliği arttıkça stok yönetimi de zorlaşmaktadır. Bunun nedeni klasik yöntemlerin düzenli ve devamlı talep alan ürünler üzerinden geliştirilmiş ve literatürdeki çalışmaların da bu ürün grupları üzerinden yapılmış olmasıdır. Bunun üzerine bir de çalışılan kurumun stok yönetimini ikinci planda tutması ile uygun araç ve yöntemleri kullanmaması olasılıkları da eklendiğinde ise durumun içinden çıkılmaz bir hal aldığı söylenebilir.

Tez kapsamında, bahsedilen tüm durumların geçerli olduğu bir ortamda stok yönetimi yapmak amaçlanmaktadır. Kurum dinamiğinden ötürü bunun yolu taleplerin daha bilimsel bir yöntemle tahmin edilmesidir. Çünkü talepler proje ekiplerinin planlamasına göre toplanmakta ve değiştirilememektedir. Bilimsel yöntemlerden faydalanılmaması durumunda öznel değerlendirmelerle oldukça fazla stok eksikliği ve/veya artanı olabildiği bilinmektedir ve bu durum tez çalışması ile de bir kez daha ortaya çıkmıştır. Kullanılabilecek yöntemler irdelendiğinde standart yöntemlerin sonuç vermediği görülmüştür. Denklem farklı değişkenler katılarak regresyon analizleri yapılmış, fakat bu analizlerden etkin bir sonuç alınamamıştır.

İlk olarak standart talep tahmin yöntemlerinin başında gelen ARIMA kullanılmaya çalışılmış olup, her üç kamera tipi için de verilerin buna uygun olmadığı sonucu alınmıştır. Sonrasında standart diğer yöntemlerden olan SES, DES ve Winters olarak isimlendirilen üstel düzeltme yöntemleri kullanılmış, nadiren iyi sonuçların gözlendiği örnekler olsa da genel anlamda başarısız sonuçlar elde edilmiştir.

Regresyonlarda ilk olarak satış yapılan ay ile yapılan satış miktarı ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Sonrasında ise her ay için bir sütun açılarak talebin gerçekleştiği aya 1, diğer aylara 0 yazılarak mevsimsellik olup olmadığına bakılmıştır. Bu iki yöntemden de istenen sonuçlar alınamamış, verileri normalize etmek amacıyla 10 tabanında logaritmik sonuçlar da benzer şekilde irdelenmiş ama yine bir fayda sağlanamamıştır.

Denenen bir diğer yöntem de pilot bir proje seçilerek bu projenin sözleşme imza adetleri, sözleşmedeki teslimat tarihleri ve teslimat gerçekleşmeleri üzerinden ilişki kurulmasıdır. Bu yöntem de diğer regresyon analizlerine paralel sonuç verdiği için başarılı olduğu söylenememektedir. Bunun nedeni sözleşmelerin güvenlik sistemlerinin bütünü üzerinden imzalanması ve teslimat takvimlerinin kabul faaliyetlerinin başarıyla tamamlandığı tarihlere

referans verilerek oluşturulmasıdır. Ürünlerin ne zaman teslim edileceği ikincil derecede önem taşıdığından sözleşmelerde genellikle yer almamaktadır. Pilot proje de bir istisna olmadığından farklı bir sonuç alınmamıştır. Ayrıca seçilen proje en çok satışın gerçekleştiği projelerin başında geldiğinden, diğer projelerden özellikle az adetli satış gerçekleştirilenlerde istenen sonuç alınamayacak ve hatta aynı analizi yapmak için yeterli veri seti bile oluşmayacaktır.

Tüm bu durumlar bütünlük olarak yaklaşabilecek, belirsizliklerle modeli kurabilecek ve gerçeğe yakın tahminleme yapabilecek farklı bir tahmin yöntemi kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu noktada aralıklı talep tahmin yöntemleri denenmiş ve büyük çoğunlukla başarılı sonuçlar elde edilmiştir. 2022 yılı satış verilerine göre Tip-1 Kamera için %1'e ve Tip-3 Kamera için ise %5'e yakın hata oranıyla yıllık üretim miktarı tahmin edilmiştir. Proje ekipleri tarafından öngörülen satış miktarları incelendiğinde ise Tip-1 Kamera için %55, Tip-3 Kamera için ise -%30'luk hata oranı ortaya çıktığı belirlenmiştir. Oranların farklılıkları mevcut tahmin yönteminin öznelliğini ve belirsizliğini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Tip-2 Kameraya bakıldığında ise durumun biraz daha farklı olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin talep değişkenliğinin diğer iki tip kameraya göre daha fazla olması olduğu sonucuna varılmıştır. Bu kamera tipi için en başarılı sonucu SES yöntemi vermiş, bu yöntem de eksi sonuç verdiği için kabul edilebilir bulunmamıştır. Buradan hareketle veri setinin değişkenliğinin önemi bir kez daha anlaşılmaktadır. Değişkenliğin modellenmesi üzerine kurulan aralıklı talep tahmin yöntemlerinin, değişkenlik oranlarının bozulmasıyla verdiği sonuçların kötüye gittiği gözlemlenmiştir.

2023 yılı için alınan sonuçlar incelendiğinde ise benzer şekilde tüm kamera tiplerinde en iyi sonuçların aralıklı talep tahmin yöntemleri ile alındığı görülmektedir. Kamera tiplerine göre hata oranları değişkenlik gösterse de sonuç değişmemiştir. Yine 2022 yılı ile aynı şekilde bütçe döneminde planlanan üretim ile tahmin sonuçları kıyaslanmış, gerçekleşmelerde alınan hata oranlarının her üç kamera tipi için de önemli derecede azalmış olduğu görülmüştür.

Tüm sonuçlar dikkate alındığında, aralıklı talep tahminlerinin diğer yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiği, yine de belirsizliğin çok fazla olduğu bir düzende başarı oranlarının sektöre uğrayabildiği görülmektedir. Bu nedenle tek bir yöntem referans alınarak değil, standart yöntemler ile aralıklı talep tahmin yöntemlerinin sonuçları incelenerek, ve bir

sonraki yılın sözleşme potansiyeli yetkililerce değerlendirilerek plan yapılması uygun olacaktır.

Uygulamanın ikinci kısmında 2023 yılı Tip-1 Kamera'nın tahmininde en iyi sonucu veren SBA yönteminin yıllık talep tahmini önceki yıllardaki talep yüzde ortalamasına göre çeyreklere bölünerek sonuçlar planlanan üretim verileri ile kıyaslanmıştır. Planlanan üretim verisi olarak ilgili ekibin yılın başlangıcında yaptığı ilk plan alınmış ve zaman içinde değişkenlik göstereceği bilinen bu plan üzerinde iyileştirme yapılması, böylece yıl içinde değişiklikleri yönetmeye sarf edilen eforun minimuma indirilmesi amaçlanmıştır. Maliyetin farklılık gösterdiği beş farklı senaryo denenmiş, her bir senaryo için Silver-Meal, En Az Birim Maliyet ve Talep için Parti yöntemlerinin üçünde de tek bir senaryo haricinde SBA Yönteminin Yıllık Talep Tahminine göre Yapılan Envanter Planlamasında daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Senaryo ve yöntemlerin büyük çoğunluğunda Planlanan Üretim Envanter için Planında oldukça yüksek tutarda olduğu bilinen ve marka repütasyonunu zedeleyecek önemde olan bir ceza maliyeti oluşurken SBA Yönteminin Yıllık Talep Tahminine göre Yapılan Envanter Planlamasında ceza maliyeti oluşmamıştır. Her iki envanter planında ceza maliyetinin oluşmadığı senaryolarda ise SBA Envanter Planı genel anlamda yine daha düşük maliyetli olan plan olmuştur.

Tez kapsamında yapılan çalışmaların hem çalışılan yöntemler, hem de uygulamanın yapıldığı elektronik sektörü açısından yapılacak yeni çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Literatür incelendiğinde, aralıklı talep tahmin yöntemlerinin genellikle yedek parça satışlarının tahminlemede kullanıldığı, bu tez çalışmasındakine benzer olarak miktar ve sıklığı netleştirilemeyen ürün satışlarına yönelik çalışmaların görece daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın elektronik ve otomotiv sektörü gibi alanlarda parametrik veya nonparametrik aralıklı talep tahmin yöntemlerinin uygulanabilmesine olanak sağlayacağı öngörülmektedir. Elektronik sektörü açısından bakıldığında ise literatürün çalışılan ürün tipi açısından zenginleştirilebileceği görülmüştür. Literatürde genellikle herhangi bir entegrasyon ihtiyacı duyulmayan ve doğrudan kullanıcıya satılan B2C ürünlerden cep telefonu, tablet, bilgisayar gibi ürünler için yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Tez çalışmasına konu olan güvenlik kameraları ise çeşitli sistemlerle entegre edilerek çalışan ve doğrudan kullanıcıya değil işletmeye satılan B2B ürünlerdir. Bu nedenle benzer ürünler için yapılacak aralıklı talep tahmin çalışmalarına fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Tez çalışmasında elde edilen sonuçların kurum için oldukça faydalı olacağı öngörülmektedir. Bunun için güvenlik kameralarının bir sonraki yıla yönelik talep tahminleri proje yönetim ekiplerinden alınarak aralıklı talep tahmin yöntemlerinin öngörülerini ile karşılaştırılabilir. Sonrasında her ay gerçekleşen satış miktarlarına göre tahminler revize edilerek güncel planlar oluşturulması ve bu sayede hata oranının minimuma indirilmesi amaçlanabilir. Kurumun diğer ürünleri için aralıklı talep tahmin yöntemlerinin uygunluğu değerlendirilip, faydalı olacağı düşünülenler için benzer uygulamalar yapılabilir. Ek olarak, kurumun mevcuttaki proje talebi bazlı envanter planlamalarının buradaki yöntemler kullanılarak geliştirilmesi yönünde çalışmalar yapılabilir.

İlerleyen dönemlerde, literatüre son yıllarda eklenen diğer aralıklı talep yöntemlerinin kamera tipleri üzerinde vereceği sonuçlar incelenebilir ve mevcut sonuçlarla kıyaslanabilir. Sonraki yılların gerçekleşmeleri de modele eklenerek aralıklı talep tahmin yöntemlerinin başarı oranlarının değişimi tartışılabilir. Projeler bazındaki adetler, kamera özellikleri, yönetici görüşleri gibi içsel etmenler ile; ekonomik durum, stratejik kararlar gibi dışsal etmenler de denkleme katılarak yapılacak bir çalışma ile yıllık, hatta çeyreklik veya aylık öngörüler oluşturulması hedeflenebilir. Ayrıca, envanter planlaması için farklı yöntemler araştırılarak çalışmanın bu kısmı zenginleştirilebilir.

7. KAYNAKÇA

- Anggraeni, W., Viniarti, R. A., & Kurniawati, Y. D., (2015). Performance Comparisons Between ARIMA and ARIMAX Method in Moslem Kids Clothes Demand Forecasting: Case Study. *Procedia Computer Science*, 72, 630-637.
- Arıkan, F., & Çıtak, S. (2017). Multiple criteria inventory classification in an electronics firm. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 16(02), 315-331.
- Aytac, B., & Wu, S. D. (2013). Characterization of demand for short life-cycle technology products. *Annals of Operations Research*, 203(1), 255-277.
- Babai, M. Z., Syntetos, A., & Teunter, R. (2014). Intermittent demand forecasting: An empirical study on accuracy and the risk of obsolescence. *International Journal of Production Economics*, 157, 212-219.
- Babai, M. Z., Dallery, Y., Boubaker, S., & Kalai, R. (2019). A new method to forecast intermittent demand in the presence of inventory obsolescence. *International Journal of Production Economics*, 209, 30-41.
- Balaji, K., & Kumar, V. S. (2014). Multicriteria inventory ABC classification in an automobile rubber components manufacturing industry. *Procedia CIRP*, 17, 463-468.
- Boylan, J. E., & Syntetos, A. A. (2021). *Intermittent demand forecasting: Context, methods and applications*. John Wiley & Sons.
- Bülbül, Ş. (1994). Zaman Serilerinde Üstel Düzeltme Modelleri ve Bir Uygulama. *Öneri Dergisi*, 1(1), 44-51.
- Chen, D., (2011). Chinese automobile demand prediction based on ARIMA model. 4th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI) (IEEE), 4, 2197-2201.
- Chong, Y. T., & Chen, C. H. (2010). Management and forecast of dynamic customer needs: An artificial immune and neural system approach. *Advanced engineering informatics*, 24(1), 96-106.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Croston, J. D. (1972). Forecasting and stock control for intermittent demands. *Journal of the Operational Research Society*, 23(3), 289-303.

- Duru, Ö., (2007). Zaman serileri analizinde ARIMA modelleri ve bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Fan, Z. P., Che, Y. J., & Chen, Z. Y. (2017). Product sales forecasting using online reviews and historical sales data: A method combining the Bass model and sentiment analysis. *Journal of business research*, 74, 90-100.
- Fattah, J., Ezzine, L., Aman, Z., El Moussami, H., & Lachhab, A., (2018). Forecasting of demand using ARIMA model. *International Journal of Engineering Business Management*, 10, 1–9.
- Guo, Z., & Chen, J. (2018). Multigeneration product diffusion in the presence of strategic consumers. *Information Systems Research*, 29(1), 206-224.
- Hu, K., Acimovic, J., Erize, F., Thomas, D., & Van Mieghem, J. A., (2017). Forecasting product life cycle curves: Practical approach and empirical analysis. *Manufacturing & Service Operations Management*, 21(1), 66-85.
- Huber, J., Gossmann, A., & Stuckenschmidt, H., (2017). Cluster-based hierarchical demand forecasting for perishable goods. *Expert Systems with Applications*, 76, 140–151.
- Hugo, G. B., Fettermann, D. C., Tortorella, G. L., & Testoni, M., (2016). Inventory management: a case study in a small enter-prise of the electronics sector. *Produção em Foco*, 6(2), 66-74.
- Islam, T., & Meade, N. (1997). The diffusion of successive generations of a technology: A more general model. *Technological Forecasting and Social Change*, 56(1), 49-60.
- İpek, N. K. (2019). Aralıklı talep tahmin modellemesi. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Jaipuria, S., & Mahapatra, S. (2014). An improved demand forecasting method to reduce bullwhip effect in supply chains. *Expert Systems with Applications*, 41, 2395–2408.
- Jónás, T., Tóth, Z. E., & Dombi, J. (2016). A Fuzzy Inference System with Customized Membership Functions for Forecasting Demand for Electronic Goods. *International Work-Conference on Time Series, ITISE*.
- Jung, C., & Lim, D. E. (2016). Development of an Adaptive Forecasting System: A Case Study of a PC Manufacturer in South Korea. *Sustainability*, 8(3), 263.

- Kaya, G. O., Sahin, M., & Demirel, O. F. (2020). Intermittent demand forecasting: a guideline for method selection. *Sādhanā*, 45, 1-7.
- Kurawarwala, A. A., & Matsuo, H. (1998). Product growth models for medium-term forecasting of short life cycle products. *Technological Forecasting and Social Change*, 57(3), 169-196.
- Lee, H., Kim, S. G., Park, H. W., & Kang, P. (2014). Pre-launch new product demand forecasting using the Bass model A statistical and machine learning-based approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 86.
- Lee, J., Cho, Y., Lee, J. D., & Lee, C. Y. (2006). Forecasting future demand for large-screen television sets using conjoint analysis with diffusion model. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(4), 362-376.
- Lei, D., Hu, H., Geng, D., Zhang, J., Qi, Y., Liu, S., & Shen, Z. J. M. (2022). New product life cycle curve modeling and forecasting with product attributes and promotion: A bayesian functional approach. *Production and Operations Management*.
- Li, B., Li, J., Li, W., & Shirodkar, S. A. (2012). Demand forecasting for production planning decision-making based on the new optimised fuzzy short time-series clustering. *Production Planning & Control*, 23(9), 663-673.
- Likas, A., Vlassis, N., & Verbeek, J., (2003). The global k-means clustering algorithm. *Pattern Recognition*, 36, 451–461.
- Lu, C. J., & Wang, Y. W. (2010). Combining Independent Component Analysis and Growing Hierarchical Self-Organizing Maps with Support Vector Regression in Product Demand Forecasting. *International Journal of Product*
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). *Introduction to time series analysis and forecasting*. John Wiley & Sons.
- Nagashima, M., Wehrle, F. T., Kerbache, L., & Lassagne, M., (2015). Impacts of adaptive collaboration on demand forecasting accuracy of different product categories throughout the product life cycle. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(4), 415-433.
- Nichiforov, C., Stamatescu, I., Fagarașan, I., & Stamatescu, G., (2017). Energy consumption forecasting using ARIMA and neural network models. *5th International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEEE)*.

- Norton, J. A., & Bass, F. M. (1987). A diffusion theory model of adoption and substitution for successive generations of high-technology products. *Management science*, 33(9), 1069-1086.
- Pinçe, Ç., Turrini, L., & Meissner, J. (2021). Intermittent demand forecasting for spare parts: A critical review. *Omega*, 105, 102513.
- Saatçioğlu, D., & Özçakar, N. (2016). Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Aralıklı Talep Tahmini. *Beykoz Akademi Dergisi*, 4(1), 1-32.
- Šarić, T., Šimunović, K., Pezer, D., & Šimunović, G. (2014). Inventory classification using multi-criteria ABC analysis, neural networks and cluster analysis. *Tehnički Vjesnik*, 21(5), 1109-1115.
- Shale, E. A., Boylan, J. E., & Johnston, F. R. (2006). Forecasting for intermittent demand: the estimation of an unbiased average. *Journal of the Operational Research Society*, 57(5), 588-592.
- Shi, X., Fernandes, K., & Chumnumpan, P. (2014). Diffusion of multi-generational high-technology products. *Technovation*, 34(3), 162-176.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory management and production planning and scheduling* (Vol. 3, p. 30). New York: Wiley.
- Syntetos, A. A., Boylan, J. E., & Croston, J. D. (2005). On the categorization of demand patterns. *Journal of the operational research society*, 56, 495-503.
- Trappey, C. V., & Wu, H. Y. (2008). An evaluation of the time-varying extended logistic, simple logistic, and Gompertz models for forecasting short product lifecycles. *Advanced Engineering Informatics*, 22(4), 421-430.
- Triana, M. J. B. (2012). Demand forecast for short life cycle products. Pontificia University Javeriana, Master Project. CaliColombia.
- Yue, L., Wangwei, J., Jianguo, Z., Junjun, G., Jiazhou, Z., & Aiping, J., (2016). Product life cycle based demand forecasting by using artificial bee colony algorithm optimized two-stage polynomial fitting. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 31(2), 825-837.
- Yin, P., Dou, G., Lin, X., & Liu, L. (2020). A hybrid method for forecasting new product sales based on fuzzy clustering and deep learning. *Kybernetes*.

Zhu, K., & Thonemann, U. W., (2004). An adaptive forecasting algorithm and inventory policy for products with short life cycles. *Naval Research Logistics (NRL)*, 51(5), 633-653.