

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan KAYHAN

**SÜREKLİ ÜRETİM SİSTEMLERİ İÇİN TALEP TAHMİNİ VE
KARAR DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ: KİMYA
SEKTÖRÜNDE ÖRNEK BİR UYGULAMA**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜREKLİ ÜRETİM SİSTEMLERİ İÇİN TALEP TAHMİNİ VE KARAR
DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ: KİMYA SEKTÖRÜNDE ÖRNEK
BİR UYGULAMA**

Serkan KAYHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

Bu Tez 24/10/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Cenk ŞAHİN Dr. Öğr. Üyesi Esra KARAKAŞ Dr. Öğr. Üyesi Yusuf KUVVETLİ

Bu tez Enstitümüz Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tez kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirimlerin, çizelge ve şekillerin kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜREKLİ ÜRETİM SİSTEMLERİ İÇİN TALEP TAHMİNİ VE KARAR
DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ: KİMYA SEKTÖRÜNDE ÖRNEK
BİR UYGULAMA

Serkan KAYHAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

Danışman : Doç. Dr. Cenk ŞAHİN
Yıl : 2019 Sayfa: 117
Jüri : Doç. Dr. Cenk ŞAHİN
: Dr. Öğr. Üyesi Esra KARAKAŞ
: Dr. Öğr. Üyesi Yusuf KUVVETLİ

İşletmelerin gelecekte yapacakları stratejik kararlar için taleplerini iyi analiz etmeleri gerekmektedir. Talep tahminleri analizinde en önemli girdi geçmiş verilerdir. Geçmiş talep verilerinin doğru analiz edilmesi işletmelerin doğru karar almasına fayda sağlayacaktır. Kimya sektöründe katma değeri yüksek ürün üreten işletmelerin, tedarik zincirini optimum kaynak kullanımı ile yönetmesi için doğru bir talep tahmin sistemine sahip olması gerekmektedir. Çalışmada, nicel talep tahmini sistemine sahip olmayan, hammadde stok seviyesi yüksek, nihai ürünlerinde stoksuzluk ve aşırı stokta tutma eğilimi olan kimya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin, zaman verileri analiz yöntemleri ile, ABC-XYZ ürün sınıflandırma analizi sonucunda A ve X grubunda yer alan ürünleri için talep tahmini yapılmıştır. 32 farklı ürün ilk olarak ABC sınıflarına ayrılmış sonrasında varyasyon katsayısı göz önünde bulundurularak XYZ sınıflandırması yapılmıştır. A ve X grubunda yer alan ürünler için Ocak 2011 ve Aralık 2018 arasındaki 96 aylık talep miktarı veri seti kullanılarak ARIMA ve Holt-Winter yöntemleri ile 3 dönemlik talep tahmini yapılmıştır. ARIMA ve Holt Winter yöntemleri tahmin sonuçları MAPE, MAD ve RMSE hata kriterleri ile karşılaştırılmıştır. %8,1'e kadar daha iyi sonuç veren Holt-Winter yöntemi için en düşük MAPE değerini sağlayacak parametre optimizasyonu yapan karar destek sistemi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Talep Tahminleme, ABC-XYZ Analizi, ARIMA, Holt-Winter, Karar Destek Sistemi

ABSTRACT

MSc THESIS

FORECASTING AND DECISION SUPPORT SYSTEM DEVELOPMENT FOR CONTINUOUS PRODUCTION SYSTEM: A SAMPLE APPLICATION FOR CHEMICAL SECTOR

Serkan KAYHAN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Cenk ŞAHİN
Year : 2019 Pages: 117
Jury : Assoc. Prof. Cenk ŞAHİN
: Asisst. Prof. Dr. Esra KARAKAŞ
: Asisst. Prof. Dr. Yusuf KUVVETLİ

Companies need to analyze their demands for strategic decisions in the future. The most important input in demand forecast analysis is historical data. Accurate analysis of historical demand data will help enterprises make the right decision. Enterprises producing high value-added products in the chemical sector must have an accurate demand forecasting system in order to manage the supply chain with optimum resource utilization. In this study, demand forecasting using time series analysis methods was applied to products in the AX group according to result that products, were analyzed by ABC-XYZ classification method, of a company in the chemical sector that not having a quantitative demand forecasting system, has a high raw material stock level, has a tendency to be out of stocks and excess stock in the final products. 32 different products were first classified into ABC classes and then XYZ classification was made considering the coefficient of variation. 3 periods demand forecasting for products in the A and X group was applied by ARIMA and Holt-Winter methods using 96 monthly data between 2011 Jan. and 2018 Dec.. ARIMA and Holt Winter forecasting results were compared with MAPE, MAD and RMSE error criterias. Considering to up to %8,1 better performance of Holt-Winter method, a decision support system has been developed that optimizes the parameters to provide the lowest MAPE value.

Keywords: Demand Forecasting, ABC-XYZ Analysis, ARIMA, Holt-Winter, Decision Support System

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

İşletmelerin gelecekte yapacakları stratejik kararlar için taleplerini iyi analiz etmeleri gerekmektedir. Talep tahminleri analizinde en önemli girdi geçmiş verilerdir. Geçmiş talep verilerinin doğru analiz edilmesi işletmelerin doğru karar almasına fayda sağlayacaktır. Kimya sektöründe katma değeri yüksek ürün üreten işletmelerin, tedarik zincirini optimum kaynak kullanımı ile yönetmesi için doğru bir talep tahmin sistemine sahip olması gerekmektedir. Tedarikçinin tedarikçisinden müşterinin müşterisine kadar oluşan bu sistemde kaynakların gereğinden fazla kullanımı işletmeler için yük oluşturmaktadır. Özellikle talep tahmini ile hammadde ihtiyaç analizinin, yarı mamul ve mamul üretim ve stok planlamasının oluşturulması işletmeler için hayati önem arz etmektedir.

Çalışmanın amacına uygun bir şekilde ilerlemesi için talep tahmini yapılacak ürünlerin Ocak 2011 ve Aralık 2018 arasındaki geçmiş 96 aylık talep tahminleri kullanılmıştır. Etkin stok yönetimi özellikle işletmelerin stok kontrolü ve seviyesine doğru kaynak yönlendirmesine yardımcı olmaktadır. Her bir ürün için aynı kaynakların kullanılmamasını hedefleyen farklı stok yönetim sistemleri bulunmaktadır. Stok yönetimi sistemlerinde en çok kabul gören ABC analizi çalışması ve stokların ihtiyaç/talep dalgalanmasını göz önünde bulunduran XYZ analizi çalışması uygulanmıştır. ABC ve XYZ analizi çalışmaları birleştirilerek kaynakların önem derecesi yüksek ürünlere yönlendirilmesi sağlanmıştır.

ABC-XYZ analizi sürecinde 32 farklı ürünün, 2018 yılı 12 aylık satış miktarları baz alınarak tutar cinsinden ABC analizi yapılmış, toplam tutara %77 etki eden ürünler A sınıfı, %17 (%78-%95) etki eden ürünler B sınıfı ve %5 (%95-%100) etki eden ürünler C sınıfı olarak tanımlanmıştır. XYZ analizinde 12 aylık talep miktarları ile ürünlerin Varyasyon Katsayıları (CV) hesaplanmış ve CV değeri, %30'un altında olan ürünler X sınıfı, %30'dan büyük %70'den küçük değerlerde olan ürünler Y sınıfı, %70'den büyük değerler Z sınıfı olarak

tanımlanmıştır. Gruplama işlemi sonrasında Ürün A1, Ürün A2, Ürün B1 ve Ürün B2 ürünleri A ve X grubunda yer alan ve çalışmada kullanılacak ürünler olarak belirlenmiştir.

Veriler; zaman verisi grafiği, tanımlayıcı istatistik araçları ile incelenmiştir. İnceleme sonucunda veri setlerinin karakteristikleri gözlemlenmiş, ARIMA ve Holt-Winter yöntemlerinin analizi öncesinde durum değerlendirmesi yapılmıştır.

ARIMA yöntemi, durağan zaman verilerinde uygulanan bir yöntem olmakla birlikte 4 farklı veri setinin durağanlık durumu kontrol edilmiştir. Durağanlık kontrolünde ADF birim kök ve Kruskal Wallis testlerinden faydalanılmıştır. Kruskal Wallis testi sonucunda analizi yapılan veri setlerinde mevsimsellik durumunun olmadığı görülmüştür. ADF birim kök testi sonucunda Ürün A1 ve Ürün B1'in durağan veri seti, Ürün A2 ve Ürün B2'nin durağan olmayan veri seti olduğu tespit edilmiştir. Durağan olmayan veri setlerinin 1.derece fark işlemi alınarak yeni veri seti oluşturulmuş ve ADF birim kök testi ile yeni veri setinin durağanlık kontrolü yapılmıştır. 1.derece fark işlemi sonrasında Ürün A2 ve Ürün B2'nin durağan olma koşulunu sağladığı görülmüştür. Durağanlık durumuna getirilmiş olan veri setleri üzerinde ARIMA tahmin yöntemi uygulanarak Ürün A1 için ARIMA(0,0,3), Ürün A2 için ARIMA(0,1,1), Ürün B1 için ARIMA(2,0,0) ve Ürün B2 için ARIMA(0,1,1) modelleri en uygun model olarak seçilmiştir. Model seçimi sonrasında model yeterliliği artık değerlerin ACF dağılımı kontrol edilerek oluşturulan modellerin yeterli olduğuna karar verilmiştir. 4 farklı ürün için oluşturulan modellerle gelecek 3 dönem için talep tahmin çalışması yapılmıştır.

Holt-Winter yöntemi, ARIMA yöntemindeki gibi durağanlık kontrolünün yapılmadığı, tahmininde 3 farklı parametrenin, temel düzey parametresi (α), eğilim parametresi (β) ve mevsimsellik parametresi (γ) 0 ile 1 arasında değişen değerlere sahip olduğu bir analiz yöntemidir. Holt-Winter yönteminde 4 farklı ürün için gelecek 3 dönem için talep tahmin çalışması yapılmıştır.

İki farklı yöntemle yapılan talep tahmin çalışması MAPE, MAD ve RMSE hata kriterleri baz alınarak karşılaştırılmıştır. Holt-Winter yönteminin ARIMA yöntemine göre, Ürün A1, Ürün A2 ve Ürün B2 talep tahminlerinde MAPE değeri daha düşük, Ürün B1 talep tahmininde ise iki yöntemin aynı sonucu verdiği görülmüştür.

ABC-XYZ analizi sonucunda, A ve X grubunda yer alan 4 farklı ürün için talep tahmini yapılmasına karar verilmiş ve talep tahmininde nicel yöntemler arasında yer alan zaman verileri analizi başlığı altındaki ARIMA ve Holt-Winter yöntemi ile talep tahmini yapılmıştır. Talep tahmini MAPE, MAD, RMSE hata kriterlerine göre iki yöntem kıyaslaması yapılmış ve Holt-Winter yönteminde ARIMA yöntemine göre bazı ürün talep tahminlerinde doğruluk oranı yüksek sonuçlar ürettiği görülmüştür.

Karşılaştırma sonrasında Holt-Winter yöntemi için parametre optimizasyonu ile en düşük MAPE değerini veren bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Karar destek sisteminin optimum sonuç ile birlikte farklı modellerin ve Holt-Winter yönteminin farklı metotlarını kıyaslayan bir yapıda olması sağlanmıştır.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim sürecimin başlangıcından itibaren tez bitirme sürecime kadar desteklerini esirgemeyen, tecrübesini bu süreçte sürekli paylaşıp çalışmama yön veren çok değerli tez danışmanım Doç. Dr. Cenk ŞAHİN'e, tez yazma sürecimde farklı düşünmem için yol gösteren Dr. Öğr. Üyesi Yusuf KUVVETLİ'ye, yardımlarını esirgemeyen ve her konuda destek olan değerli jüri üyesi Dr. Öğr. Üyesi Esra KARAKAŞ'a çok teşekkür ederim.

Manevi desteklerini hep hissettiren aileme, yüksek lisans süresince destek veren sevgili arkadaşım Narin Fulya ERCENGİZ'e sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans konusundaki çalışmalarına destek olan saygı değer yöneticilerime ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XVI
1. GİRİŞ	1
1.1. Tahminleme Çözüm ve Değerlendirme Süreçleri	2
1.2. Problemin Tanımı.....	3
1.3. Çalışmanın Amacı.....	4
1.4. Çalışmanın Kapsamı	4
1.5. Çalışmanın Özgün Katkısı	5
1.6. Çalışmanın Adımları	5
1.7. Çalışmanın Organizasyonu	6
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
2.1. ARIMA Yöntemi Kullanılarak Yapılan Tahmin Çalışmaları	7
2.2. Holt-Winter Yöntemi Kullanılarak Yapılan Tahmin Çalışmaları	10
2.3. ARIMA ve Holt Winter Yöntemlerinin Birlikte Kullanıldığı Tahmin Çalışmaları	12
2.4. Literatür Özeti ve Genel Değerlendirme.....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1. ABC-XYZ Analizi	17

3.2.1.1. ABC Analizi	18
3.2.2. Tahmin Yöntemleri	23
3.2.2.1. Nitel Yöntemler	24
3.2.2.1.(1). Delphi Yöntemi	25
3.2.2.1.(2) Uzman Görüşleri.....	25
3.2.2.1.(3). Senaryo Analizleri	25
3.2.2.1.(4). Satış Ekibi Tahminleri	26
3.2.2.1.(5). Pazar Araştırması.....	26
3.2.2.2. Nicel Yöntemler	26
3.2.2.2.(1). Zaman Verileri Yöntemleri.....	27
3.2.2.2.(1) (a) Basit Hareketli Ortalama Yöntemi (SMA).....	28
3.2.2.2.(1) (b) Basit Üstel Düzeltme (ES)	29
3.2.2.2.(1) (c) Box-Jenkins Yöntemi (ARMA)	29
3.2.2.2.(2). Nedensel Yöntemler	30
3.2.2.2.(2) (a) Regresyon Yöntemi.....	30
3.2.2.2.(2) (b) Ekonometrik Yöntemler.....	31
3.2.2.2.(2) (c) YSA Yöntemleri (YSA).....	31
3.2.3. Zaman Verilerinin Analizi ve Özellikleri.....	32
3.2.3.1. Durağanlık Durumu ve Durağanlık Tespiti.....	33
3.2.3.1.(1) Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) Birim Kök Testi	36
3.2.3.1.(2) Kruskal-Wallis Testi.....	38
3.2.3.2. Zaman Verilerinde Performans Değerlendirmesi.....	39
3.2.3.3. Zaman Verilerinin Modellerinin Uygulama Adımları	41
3.2.3.4. Zaman Serileri Analizinde ARIMA Modeli.....	42
3.2.3.4.(1) Hareketli Ortalama Modeli (MA).....	44
3.2.3.4.(2) Otoregresif Model (AR)	45
3.2.3.4.(3) Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli (ARMA)	45

3.2.3.4.(4) Otoregresif Düzeltilmiş Hareketli Ortalama Modeli:	
ARIMA(p,d,q)	46
3.2.3.4.(6) Otokorelasyon fonksiyonu (ACF)	46
3.2.3.4.(7) Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu (PACF).....	48
3.2.3.4.(8) Zaman Verilerinde ARIMA Model Kurma	48
3.2.3.4.(8) (a)Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criterion – AIC)	49
3.2.3.4.(8) (b) Schwartz Bilgi Kriteri (Schwartz Information Criterion – SIC)	50
3.2.3.5. Holt Üstel Düzeltme Yöntemleri.....	50
3.2.3.5.(1) Holt Doğrusal Yöntemi (HLM)	52
3.2.3.5.(2) Holt-Winter (HW) Yöntemi	53
3.2.4. Karar Destek Sistem Tasarımı.....	54
3.2.4.1.Parametre Optimizasyonu	57
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	59
4.1. Veri Analizi.....	60
4.1.1. Ürün A1 İçin Veri Analizi	61
4.1.2. Ürün A2 İçin Veri Analizi	62
4.1.3. Ürün B1 İçin Veri Analizi	63
4.1.4. Ürün B2 İçin Veri Analizi	64
4.2. ARIMA ve Holt-Winter Yöntemleri ile Talep Tahmini Uygulaması.....	65
4.2.1. ARIMA Yöntemi Uygulaması	66
4.2.1.1. Ürün A1 için ARIMA Talep Tahmin Uygulaması	66
4.2.1.2. Ürün A2 İçin ARIMA Talep Tahmin Uygulaması.....	70
4.2.1.3. Ürün B1 İçin ARIMA Talep Tahmin Uygulaması	75
4.2.1.4. Ürün B2 İçin ARIMA Talep Tahmin Uygulaması	78
4.2.1.5. ARIMA Talep Tahmin Sonuçları	83
4.2.2. Holt-Winter Yöntemi Uygulaması.....	84

4.2.3. ARIMA ve Holt-Winter Tahmin Sonuçları Karşılaştırmaları	87
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	103



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Ürün A1'in Aylık Bazda Talep Miktarı.....	15
Çizelge 3.2. Ürün A2'nin Aylık Bazda Talep Miktarı.....	16
Çizelge 3.3. Ürün B1'in Aylık Bazda Talep Miktarı.....	16
Çizelge 3.4. Ürün B2'nin Aylık Bazda Talep Miktarı.....	17
Çizelge 3.5. ABC Analizinde Ürün/Malzeme Kontrol Stratejileri	19
Çizelge 3.6. ABC-XYZ Analizinde Ürün Stratejileri	23
Çizelge 3.7. DF Testi için Kritik Değerler.....	37
Çizelge 3.8. Durağan Zaman Verilerinde ACF ve PACF Davranışları	49
Çizelge 3.9. Veri Davranışlarına göre Holt-Winter Formülleri	52
Çizelge 4.1. ABC-XYZ Analizi Ürün Dağılımları	60
Çizelge 4.2. Kruskal-Wallis Mevsimsellik Testi	61
Çizelge 4.3. Ürün A1 İçin Tanımlayıcı İstatistik Değerleri.....	61
Çizelge 4.4. Ürün A2 İçin Tanımlayıcı İstatistik Değerleri.....	62
Çizelge 4.5. Ürün B1 İçin Tanımlayıcı İstatistik Değerleri	63
Çizelge 4.6. Ürün B2 İçin Tanımlayıcı İstatistik Değerleri	65
Çizelge 4.7. Ürün A1 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri.....	68
Çizelge 4.8. Ürün A1 Verisi İçin AIC ve SIC Değerleri	68
Çizelge 4.9. Ürün A1 Verisi İçin ARIMA Modeli Parametre Değerleri	69
Çizelge 4.10. Ürün A2 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri.....	71
Çizelge 4.11. 1.Derece Farkı Alınmış Ürün A2 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri.....	73
Çizelge 4.12. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün A2 İçin AIC ve SIC Değerleri.....	73
Çizelge 4.13. Ürün A2 İçin ARIMA Modeli Parametre Değerleri	74
Çizelge 4.14. Ürün B1 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri	76
Çizelge 4.15. Ürün B1 İçin AIC ve SIC Değerleri	77
Çizelge 4.16. Ürün B1 İçin ARIMA Modeli Parametre Değerleri	78

Çizelge 4.17. Ürün B2 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri	80
Çizelge 4.18. 1.Derece Farkı Alınmış Ürün B2 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri	81
Çizelge 4.19. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün B2 İçin AIC ve SIC Değerleri.....	82
Çizelge 4.20. Ürün B2 İçin ARIMA Modeli Parametre Değerleri	83
Çizelge 4.21. A ve X Grubundaki Ürünlerin ARIMA Sonuçları ve Hata Kriter Değerleri	83
Çizelge 4.22. Ürün A1 Holt-Winter Parametre, Hata Kriterleri Değerleri ve Tahminleri	85
Çizelge 4.23. Ürün A2 Holt-Winter Parametre, Hata Kriterleri Değerleri ve Tahminleri	85
Çizelge 4.24. Ürün B1 Holt-Winter Parametre, Hata Kriterleri Değerleri ve Tahminleri	86
Çizelge 4.25. Ürün B2 Holt-Winter Parametre, Hata Kriterleri Değerleri ve Tahminleri	87
Çizelge 4.26. ARIMA ve Holt-Winter Sonuçları Karşılaştırması ve Tahmin Değerleri	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tahminleme Süreci.....	3
Şekil 3.1. ABC Analizi Dağılım Örneği (İnternet).....	19
Şekil 3.2. ABC-XYZ Dağılım Örneği (İnternet).....	21
Şekil 3.3. Talep Tahmin Yöntemleri Kategorisi (Wang ve ark., 2018).....	24
Şekil 3.4. YSA Yöntemi Örneği (Öztemel, 2006).....	31
Şekil 3.5. Zaman Verileri Analizi Adımları Örneği (Montgomery, 2008).....	42
Şekil 3.6. Zaman Verisinin Ortalamada Durağanlık Durumu.....	34
Şekil 3.7. Zaman Verisinin Varyansta Durağanlık Durumu.....	34
Şekil 3.8. ARIMA, Box-Jenkins Yöntemi Algoritması.....	44
Şekil 3.9. Otokorelasyon Fonksiyonu Değerleri.....	47
Şekil 3.10. Pegel'in HW Sınıflandırması (Bulut, 2006).....	51
Şekil 3.11. Karar Destek Sistemi Veri Girişi ve Tahminleme Yapma Bölümü.....	54
Şekil 3.12. Karar Destek Sistemi Tahmin Sonuçları Bölümü.....	55
Şekil 3.13. Karar Destek Sistemi Fiili ve Tahmin Görsel Karşılaştırma Bölümü ..	55
Şekil 3.14. Karar Destek Sistemi Talep Tahmin Değerleri Karşılaştırma Bölümü	56
Şekil 3.15. Karar Destek Sistemi Parametre Kıyaslamaları Bölümü.....	56
Şekil 3.16. Karar Destek Sistemi Parametre Etkileri.....	57
Şekil 4.1. Ürün A1 İçin Talep Grafiği.....	62
Şekil 4.2. Ürün A2 İçin Talep Grafiği.....	63
Şekil 4.3. Ürün B1 İçin Talep Grafiği.....	64
Şekil 4.4. Ürün B2 İçin Talep Grafiği.....	65
Şekil 4.5. Ürün A1 İçin ACF Grafiği.....	67
Şekil 4.6. Ürün A1 İçin PACF Grafiği.....	67
Şekil 4.7. Ürün A1 İçin Artık Değerlerinin ACF Grafiği.....	69
Şekil 4.8. Ürün A2 İçin ACF Grafiği.....	70
Şekil 4.9. Ürün A2 İçin PACF Grafiği.....	71

Şekil 4.10. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün A2 İçin ACF Grafiği	72
Şekil 4.11. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün A2 İçin PACF Grafiği	72
Şekil 4.12. Ürün A2 İçin Artık Değerlerin ACF Grafiği	74
Şekil 4.13. Ürün B1 İçin ACF Grafiği	75
Şekil 4.14. Ürün B1 İçin PACF Grafiği.....	76
Şekil 4.15. Ürün B1 İçin Artık Değerlerin ACF Grafiği.....	77
Şekil 4.16. Ürün B2 İçin ACF Grafiği	79
Şekil 4.17. Ürün B2 İçin PACF Grafiği.....	79
Şekil 4.18. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün B2 İçin ACF Grafiği	80
Şekil 4.19. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün B2 İçin PACF Grafiği	81
Şekil 4.20. Ürün B2 İçin Artık Değerlerin ACF Grafiği.....	82

SİMGELER VE KISALTMALAR

ACF	Oto Korelasyon Fonksiyonu (Auto Correlation Function)
ADF	Augmented Dickey Fuller Birim Kök Testi
AIC	Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criterion)
AR	Otoregresif (Auto Regressive)
ARIMA	Otoregresif Düzeltilmiş Hareketli Ortalama
ARMA	Otoregresif Hareketli Ortalamalar (Auto Regressive Moving Average)
e_t	Hata Değeri
ES	Basit Üstel Düzeltme
F_t	t Dönemindeki Tahmin Değeri
HW	Holt Winter Yöntemi
MA	Hareketli Ortalama (Moving Average)
MAD	Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error)
MAPE	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
MASE	Ortalama Mutlak Ölçekli Hata
ME	Ortalama Hata
n	Gözlem Sayısı
RMSE	Ortalama Hata Karesinin Kökü
PACF	Kısmi Oto Korelasyon (Partial Auto Correlation Function)
S_t	Mevsimsellik Değeri
SARIMA	Mevsimsel ARIMA
SIC	Schwartz Bayes Kriteri (Schwartz Bayesian Criterion)
SMA	Basit Hareketli Ortalama
X_t	Fark İşlemi Alındıktan Sonra Oluşan Yeni Veri
Y_t	Gözlem Değeri
YSA	Yapay Sinir Ağları Yöntemi



1. GİRİŞ

İnsanlığın varoluşundan beri gelecek hakkında tahmin yürütmek, sonuçları gözlemlemek ve bu doğrultuda plan yapmak en önemli süreçlerden biri olmuştur. Bu sebeptendir ki her zaman gelecekte ne olacağı tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Eski çağlarda tahminleme doğada var olan olayların gözlenmesi ile başlamıştır. Atmosferde yaşanan mevsimsel olayların meteorolojik ve astronomik gözlemlemesinden, kişisel deneyimlerden, hayvanların davranışlarından, meyve ve sebzelerin olgunlaşma zamanlarından faydalanılarak gelecekteki olaylar tahmin edilmeye çalışılmıştır (Wiston et al, 2018).

Eski çağlarda özellikle mevsimsel olayların tahmin edilmesi ekonomik olayların şekillendirilmesinde kullanılan en önemli araçlardan biri haline gelmiştir. Antik Mısır döneminde Nil nehrinin taşkın yapma dönemlerinin incelenerek ürün hasat verimi tahmin edilmeye çalışılmıştır. M.Ö 650’li yıllarda Babilli’ler bulutları ve ışık halelerini gözlemleyerek kısa dönem hava tahminleri yapmaya çalışmış, M.Ö 300’lü yıllarda Çinli’ler bir yılı mevsim değişimlerini göz önünde bulundurarak 24 parçaya bölmüşlerdir.

Eski çağlarda tahminleme çalışmaları, doğa ile mücadele edebilmek için doğayı anlama ve kavrama üzerine gerçekleşmiştir. Özellikle ekonomik ve sosyal alanda insanların tarım ile ilgilendiği dönemlerde hava koşullarının tahmini hayati önem taşımaktaydı. Eski çağlardan 17. YY’la kadar tahminleme çalışmaları gözlem yolu ile yapılmaktaydı ve matematiksel bir temele dayanmıyordu. 17. YY’da Pascal ve Fermat’ın geliştirdiği olasılık ve istatistik yöntemler, iş ve risk yönetimi, ayrıca matematiksel tahminleme için mihenk taşı oluşturmuştur. Bu yüzyıldan sonra tahminleme çalışmaları için artık hurafelere dayalı bir sistem kullanılmasına gerek kalmamıştır (Bernstein, 1996).

İlerleyen dönemlerde, özellikle 18.YY’da sanayi devrimi ile birlikte teknoloji gelişmiş, olasılık ve istatistik yöntemler önemli hale gelmiştir. Yeni

ortaya atılan akademik çalışmalar talep tahmin tekniklerinin oluşmasına ve gelişmesine destek vermiştir.

1920 ve 1930'lu yıllarda Yule ve Walker ilk defa otoregresif model kullanarak tahminleme çalışması yapmış ve bu tarihten sonra Yule-Walker eşitliği birçok çalışmanın temelini oluşturmuştur. İkinci dünya savaşından sonra talep tahmininde farklı tekniklerle yeni yöntemler oluşturulmuş. Günümüze yaklaştığımızda talep tahmini konusunda 1982 yılında kar amacı gütmeyen Uluslararası Tahminciler Enstitüsü kurulmuş (IIF) ve tahmin metotlarını geliştirici çalışmalar yapan, tahminleme konusunda bilgi paylaşan bir topluluk haline gelmiştir (Gooijer, Hyndman,2006).

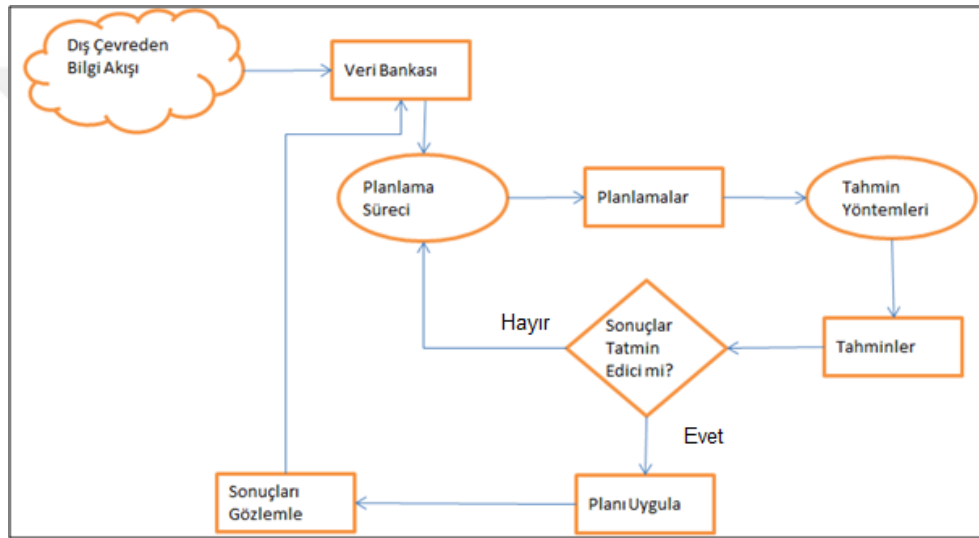
Kar amacı güden ve gütmeyen tüm kurumlar arz zincirini yönetmeye ve süreçleri optimize etmeye çalışmaktadır. Kısıtlı olan kaynakların aynı çıktıyı sağlayacak şekilde kullanımı önem arz etmektedir. Bu kaynakların müşteri talebi doğrultusunda planlanması ve yönetilmesi, kurumların her zaman yönetmeye çalıştıkları süreçlerdir. Talep tahminleme çalışması kurumların geleceğe yönelik planlama yapabilmesi için yardımcı olacak en önemli araçlardan biridir. Yatırım ve planlama öngörülerini talepler doğrultusunda gerçekleştirilmekte kısa, orta ve uzun vadede; kurumların kaynak, kapasite ve çıktı süreçlerinin optimize edilmesine yardımcı olmaktadır (Hanke, Wichern, 2009).

1.1. Tahminleme Çözüm ve Değerlendirme Süreçleri

Tahminleme çözüm ve değerlendirmesi farklı süreçlerle yapılırsa da genel olarak aşağıdaki adımlar izlenmektedir (Armstrong, 2001):

- Gelen bilgilerin toplanması ve bir veri bankası oluşturulması,
- Tahminleme ile ilgili planlama süreçlerinin oluşturulması,
- Planlamaların kapsam dâhiline alınması,
- Tahmin yönteminin belirlenmesi,

- Tahmin yönteminin uygulanarak sonuçların elde edilmesi,
- Sonuçların değerlendirilmesi,
- Plan dâhilinde elde edilen sonucun uygun olması durumunda sonuçların gözlemlenerek veri setine sonuçların eklenmesi ve döngünün tekrar başlaması, sonuçların uygun olmaması halinde planlama süreci ile döngünün tekrar başlaması.



Şekil 1.1. Tahminleme Süreci (Armstrong, 2001)

Tahminleme sürecinde Şekil 1.1’de bahsi geçen adımlar görselleştirilmiştir. Tahminleme süreci bir defaya özel uygulanarak sonuç alınan bir süreçten ziyade kendini tekrar eden ve gerekli görüldüğü takdirde sürecin tamamen değiştirilerek baştan uygulanması gereken bir süreçtir.

1.2. Problemin Tanımı

Kimya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin belirli kapsam dâhilindeki nihai ürünleri için talep tahmin problemi tanımlanmıştır. İşletmenin talep tahmin çalışmasına yönelik herhangi bir nicel sistem kullanmadığı,

hammadde stok miktarlarının yüksek olduğu, ürün grupları bazında stoksuzluk ve aşırı stok tutma eğilimi olduğu görülmüştür. Problemden belirli ürünler için talep tahmin yöntemlerinden ARIMA ve Holt-Winter uygulaması yapılması ve buna bağlı karar destek sistemi kurulması sağlanacaktır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Talep tahmin çalışmaları, hizmet sektöründen üretim sektörüne, kamu kurum ve kuruluşundan sivil toplum kuruluşlarına kadar her bir girişim için önem taşımaktadır. Talep tahmin çalışmalarının uzun zamandır literatürde çalışılan bir konu olması ve bu konu üzerine çalışmaların devam etmesi konunun önemini göstermektedir.

Talep tahminlerinde karar destek sistemlerinin gelişen bilişim sistemleri ile birlikte yoğun olarak ele alındığı görülmektedir. Çalışmada talep tahmin karşılaştırması sonrası bir karar destek sistemi oluşturulmuş ve karar destek sisteminin sektörde yer alan uzmanlar tarafından kullanılabilir bir seviyeye geliştirilmiştir. Geliştirilen karar destek sistemi ile birlikte yüksek tahmin doğruluğu sağlayan bir sistem oluşturulması, ürün talep tahminlemede işletmenin problemlerine çözüm üretilmesi ve kimya sektöründe benzer probleme sahip işletmeler için örnek bir sistem oluşturulması amaçlanmıştır.

1.4. Çalışmanın Kapsamı

Kimya sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikanın satış yapılan ürünlerinde son 12 aylık talep miktarları ile ABC ve XYZ analizi yapılmıştır. A ve X sınıfında yer alan ürünler için 96 aylık veri seti kullanılarak talep tahminlemesi zaman verileri yöntemleri arasında yer alan ARIMA ve Holt-Winter yöntemleri ile yapılarak buna bağlı karar destek sistemi oluşturulması, çalışmanın kapsamı içerisinde yer almaktadır.

1.5. Çalışmanın Özgün Katkısı

Çalışmanın Türkiye’de kimya sektöründe yapılan yeni bir talep tahmin uygulaması olması, ARIMA ve Holt-Winter yöntemleri kıyaslaması yaparak sonuçlara bağlı karar destek sistemi oluşturulması ve karar destek sisteminin gerçek hayatta kullanılabilmesi için geliştirilmesi, çalışmanın özgünlüğünü oluşturmakta ve desteklemektedir.

1.6. Çalışmanın Adımları

- i. **Problemin Belirlenmesi:** Problemin belirlendiği süreç olup gerekli olan bilgilerin toplandığı adımdır.
- ii. **Önceki Çalışmaların İncelenmesi:** Talep tahmin süreçlerinde geçmiş çalışmaların incelendiği süreçtir. Literatürde yer alan çalışmalar ve yaklaşımların incelendiği adımdır.
- iii. **Problemin Tanımlanması:** Problemin kısıtları ile birlikte tanımlandığı, kapsam alanının belirlendiği süreçtir. Problem ile ilgili gerekli parametre ve karar değişkenlerinin belirlendiği adımdır.
- iv. **Talep Tahmin Uygulama:** Kararlaştırılan talep tahmin yöntemlerinin verilere uygulanma sürecidir. Tahmin sonuçlarının oluşturulduğu adımdır.
- v. **Tahmin Sonuçları Karşılaştırması:** Farklı talep tahmin yöntemlerinden alınan sonuçların karşılaştırıldığı süreçtir. Karşılaştırma sonuçlarına göre karar destek sisteminin oluşturulmaya başlandığı adımdır.
- vi. **Karar Destek Sistemi Oluşturulması:** Karar destek sisteminin oluşturulduğu süreçtir. Karar destek sisteminin çalışma prensibinin ve sonuçlarının aktarıldığı adımdır.

- vii. **Sonuçların Analiz Edilmesi:** Sonuçların ve karar destek sisteminin değerlendirildiği ve ilerideki çalışmalara yönelik önerilerin verildiği adımdır.

1.7. Çalışmanın Organizasyonu

Çalışmanın ikinci bölümünde, literatürdeki ARIMA yönteminin yer aldığı tahmin çalışmalarına, Holt-Winter yönteminin yer aldığı tahmin çalışmalarına ve ARIMA ve Holt-Winter yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, ABC-XYZ analiz, ARIMA ve Holt-Winter tahmin yöntemlerine yer verilmiş ve oluşturulan karar destek sistemi anlatılmıştır. Dördüncü bölümde kimya sektöründe sürekli üretim yapan bir işletmenin ürünleri ABC-XYZ analizi sonuçları göz önünde bulundurularak elde edilen A ve X grubundaki ürünler için ARIMA ve Holt-Winter talep tahmin sonuçları ve karar destek sistemi ile ilgili bulgulara yer verilmiştir. Son bölümünde elde edilen sonuçlar ve gelecekteki çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Talep tahmin yöntemlerinde birçok farklı yöntem ve çalışma yapılmaktadır. Önceki çalışmaların incelenmesinde hem kapsamı daraltmak hem de yapılan tez çalışmasında, ARIMA ve Holt-Winter talep tahmin yöntemleri kullanıldığı için, literatürde, belirtilen yöntemlerde daha önce yapılan çalışmalar 3 kısımda irdelenmektedir. ARIMA yönteminin yer aldığı çalışmalar, Holt-Winter yönteminin yer aldığı çalışmalar ve bu 2 yöntemin karşılaştırıldığı çalışmalar incelenmektedir.

2.1. ARIMA Yöntemi Kullanılarak Yapılan Tahmin Çalışmaları

Chen ve ark. (1995) tarafından yapılan çalışmada kısa dönem enerji talebini karşılamaya yönelik uyarlanmış bir ARMA modeli oluşturulmuştur. Uyarlanmış ARMA modeli ve Klasik Box-Jenkins yaklaşımının kıyaslandığı çalışmada, 24 saat ve 1 hafta gibi kısa dönem tahminlerde uyarlanmış ARMA modelinde en yüksek yüzde hata değeri %6,98 olurken klasik modelde en yüksek yüzde hata değeri %13,58 olarak hesaplanmıştır. Uyarlanmış ARMA modelinin daha kısa dönemlerde doğruluk payının daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Bircan ve Karagöz (2003), aylık döviz kuru üzerine yaptıkları tahmin çalışmasında Ocak 1999-Aralık 2002 dönemi arasındaki 132 aylık döviz kuru veri seti ile ARIMA yöntemi kullanarak tahmin gerçekleştirilmiştir. ARIMA (2,1,1) modeli, en uygun model olarak seçilmiş ve tahmin hataları otokorelasyon katsayıları ile Box Pierce Q istatistiği değerlendirilmesi sonucunda %5 anlamlılık düzeyinde tahminin uygun olduğu tespit edilmiştir.

Duru (2007) çalışmasında 2007 yılı son 3 aylık BİST'te işlem göre İş Bankası hisse senetleri satış fiyatı tahmini ARIMA yönteminde farklı parametre değerleri ile hesaplayarak kıyaslanmıştır. Karşılaştırma sonucunda en uygun model

ARIMA (1,1,2) olarak seçilmiş ve modelin Ortalama Yüzde Mutlak Hata (MAPE) tahmin hatasının %13,6 olduğu hesaplanmıştır.

Tsui ve ark. (2013), Hong Kong Uluslararası hava limanında, kısa ve uzun dönem hava trafik talebini ve havalimanı için hem tesis hem de uçuş ağına ilişkin verilmesi gereken kararları tahmin etmeye çalışmışlardır. 2015 yılı büyüme trend projeksiyonunda SARIMA ve ARIMAX modelleri kullanılarak Hong Kong Havalimanında oluşacak yolcu trafiği değerlendirilmiştir. Her iki modelde de hava limanında aylık %0,5-0,8 arasında istikrarlı bir büyümenin olacağı tahmin edilmiştir.

Hassan (2014), güneş enerjisi dönüşüm sistemleri için 3 yıllık meteorolojik veri ile Musol bölgesinde deniz seviyesinden 223 m yukarda güneş ışınımı üzerine hem ışıma analizi gerçekleştirmiş hem de zaman verileri yöntemlerinden Box-Jenkins tahmin yöntemi ile günlük açık gökyüzü indeksi tahmini gerçekleştirmiştir. Regresyon analizi ve ARIMA'da 4 farklı parametre ile model kıyaslaması yapılmış ve regresyon analizinde Ortalama Yüzde Hata (MPE) değeri -%1,8901 elde edilirken, ARIMA (2,1,1) modelinde MPE değeri %0,9045 elde edilmiştir. ARIMA modelinin neden sonuç ilişkisine dayalı bir yapıya sahip olmamasından dolayı tahminde kullanılmasında bir sakınca bulunmadığı belirtilmiştir. Çalışmada oluşturulan her iki modelde küresel güneş ışınımı tahmininde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Gairaa ve ark. (2015) yaptığı çalışmada, zaman verileri tahmin yöntemleri, diğer yöntemler ile birleştirilerek kullanılmıştır. Gürcistan'da iki farklı bölgede ölçümü alınan günlük solar radyasyon miktarının doğrusal ARMA ve doğrusal olmayan Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemlerinin birleştirilmesi ile oluşturulan hibrit bir yöntemle tahmin yapmıştır. Tahminin, sadece ARMA ve sadece Yapay Sinir Ağları yöntemlerine kıyasla MAPE hata kriterinde birinci bölgede %18,1 ve %2,7, ikinci bölgede %27,26 ve %1,39 daha düşük bir değere sahip olduğu görülmüştür.

Hikichi ve ark. (2017) çalışmalarında ARIMA modeli ile Amerika kıtasındaki 13 ülke için ISO 14001 standart sertifikasyonun 1996-2015 yılları arasındaki veriler kullanılarak 2016 ve 2017 yıllarındaki sertifikasyon tahmini için model geliştirilmiştir. Tahmin sonucunda genel olarak düşen bir eğilim gözlenmiş ve 2016 yılında 17.467 adet, 2017 yılında 16.805 adet sertifikasyon gerçekleşeceği öngörülmüştür.

Ohyver ve Pudjihastuti (2018) çalışmalarında Endonezya'da 2015 Ocak ve 2017 Nisan ayları arasında kırık parça oranı %20-30 arasında olan orta kalite pirinç fiyat verisini kullanarak tahmin yapmışlardır. ARIMA (2,0,2) ve ARIMA (1,1,2) modelleri uygun modeller kullanılabilir olarak değerlendirilmiş ve %10,08 MAPE, 14,22 Ortalama Karesel Hataların Karkökü (RMSE) tahmin hatasına sahip ARIMA (1,1,2) modeli daha iyi model olduğu için gelecek 3 dönem fiyat tahmininde kullanılmıştır.

Büyükşahin ve Ertekin (2019) zaman verilerinde tahmin doğruluğunu iyileştirme çalışmalarında ARIMA ve Yapay Sinir Ağlarını birlikte kullanarak hibrit bir yapı oluşturmuştur. ARIMA metodunun doğrusal zaman verilerinde, ANN'nin doğrusal olmayan verilerinde daha etkin sonuç vermesi sayesinde literatürde ARIMA ve ANN birçok çalışmada birlikte kullanılarak hibrit talep tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. Çalışmada, oluşturulan hibrit sistem Amprik Mode Ayırıştırma metodu (EMD) ile kullanılarak, Kanada Vaşak tuzak sayısı, Wolf'un güneş lekesi, Sterlin-Dolar paritesi ve Türkiye günlük elektrik fiyatları zaman verilerinde sadece Yapay Sinir Ağları, sadece ARIMA, Zhang'ın hibrit yöntemi, Khashei ve Bijari'nin hibrit yöntemi ve Babu ve Reddy'nin hibrit yöntemleri ile kıyaslanmıştır. Çalışmanın belirtilen yöntemler arasında tahmin doğruluğu daha iyi sonuçlar ürettiği gözlenmiştir.

Nath ve ark. (2019) çalışmalarında, ARIMA talep tahmin yöntemi ile Hindistan buğday üretimini, 1949-2017 yılları arasındaki 68 yıllık veri setini kullanarak, 10 yıllık dönem için tahmin etmişlerdir. ARIMA(1,1,0), ARIMA(1,1,1)

ve ARIMA(1,1,2) modelleri üzerine değerlendirme yapılmış, en düşük Akaike Bilgi Kriterine (AIC) sahip ARIMA(1,1,0) modeli uygun model olarak seçilmiştir. ARIMA(1,1,0) modeli sonucunda yıldan yıla ortalama buğday üretiminde %4'lük bir üretim artışı olacağı öngörülmüştür.

Chang ve ark. (2019), Tayvan'da yaşlanma endeksi ve potansiyel destek oranını ARIMA modeli ile gelecek 10 dönemi yani 2017-2026 yıllarını tahmin etmişlerdir. Yaşlanma endeksi farklı ölçüm kriterlerine sahip olsa da 65 ve üzeri yaşta olan nüfus oranı % 7'den fazla ise, "yaşlanan", %14'ten fazla ise "yaşlı", % 20'den fazla ise "aşırı yaşlı" toplum olarak adlandırılmaktadır. 2018 yılında açıklanan verilere göre Tayvan şu anda yaşlı bir toplum olarak kategorilendirilmektedir. Yapılan çalışmada 1970-2018 arasındaki endeks veri setleri kullanılarak ARIMA(1,1,1) modeli ile yaşlanma endeksi ve ARIMA(1,1,0) modeli ile potansiyel destek oranı tahmin edilmiştir. 10 yıllık dönem zarfında Tayvan toplumunun "aşırı yaşlı" kategorisine gireceği ve potansiyel destek oranının %60 oranında azalacağı öngörülmüştür.

2.2. Holt-Winter Yöntemi Kullanılarak Yapılan Tahmin Çalışmaları

Segura ve Vercher (2001), çalışmalarında Holt-Winter üstel düzeltme modeli için elektronik tablo programı kullanarak tahmin optimizasyonu yapılmıştır. Uygulamada 3 farklı örnek üzerinden; Grager'ın ve Newbold'un (1986) ilk yıldaki veri ile çalışma uyarlaması, Larraneta ve ark. 'nın (1988) ilk 2 yıldaki verilere uyguladığı uyarlama ve Markidakis'in (1998) Grager ve Newbold'un başlangıç trendi hesaplamasındaki uyarlaması göz önünde bulundurularak farklı hata kriterleri için parametre optimizasyonu yaparak uygun model seçimi gerçekleştirilmiştir. Tahmin sonuçlarında çıkan değerler arasında net bir ayrım olmadığı, tahmincinin karar vermesi gereken kriterlere göre farklı model seçimi yapması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Tratar ve Strmcnik (2015) tarafından yapılan çalışmada Slovenya'nın 2008 Eylül ve 2013 Şubat ayları arasındaki enerji tüketimi veri seti kullanılarak günlük, haftalık ve aylık düzeyde çoklu regresyon modeli ve Holt-Winter modeli ile gelecekteki enerji tüketimi tahmini yapılmıştır. Kısa dönem günlük ve haftalık bazda çoklu regresyon yöntemi, uzun dönem haftalık ve aylık talep tahmininde ise çarpımsal Holt-Winter modelinin daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. İşletme açısından uzun dönem talep tahminlerinin öneminden dolayı Holt-Winter modelinin uygunluğu kabul edilmiştir.

Küresel iklim değişikliği tüm insanlığın etkilendiği bir durum olmasından dolayı son yıllarda bu konu üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Huang ve ark (2016), tropikal bölgede yer alan Malezya'da Langat River Basin çevresinde 1970-2012 yılları arasında elde edilen verilerle yağış trendi üzerine α ve β parametrelili Holt yöntemi ile aylık ve mevsimsellik (Muson dönemi ve Muson dışındaki dönem) incelemesi yapılmıştır. 25 yıldan fazla veri seti ve %10'un altındaki veri eksikleri gözetilerek çalışma sürdürülmüştür. Belirtilen bölgede 10 farklı istasyon noktası seçilmiş ve verilere trend analizi için hem Kendall's Tau testi hem de Spearman's Rho testi uygulanarak veriler incelenmiştir. Yapılan analizde bir çok istasyonda aylık olarak Mart, Temmuz ve Kasım aylarında artan, Mayıs ve Eylül ayarında azalan bir trend olduğu, mevsimsellik analizinde ise 7 istasyonun aylık trend analizi ile paralellik gösterdiği görülmüştür.

Rahman ve ark.(2016), çalışmalarında Bangabandhu Multipurpose Köprüsü gelirlerini 1998 Haziran ve 2016 Haziran ayları arasındaki gelir veri setini kullanarak Holt-Winter'in çarpımsal ve toplamsal modelleri ile 2021 yılına kadar aylık gelir tahmini yapılmıştır. Farklı tahmin hata kriterlerine göre değerlendirildiğinde, tahmin doğruluğunda toplamsal Holt-Winter modelinin çarpımsal Holt-Winter modelinden daha iyi sonuç verdiği hesaplanmıştır.

Dantas ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada yerine koyarak öğrenme (Bagging) ve Holt-Winter modelini birleştirerek mix model

oluşturulmuştur. Oluşturulan mix model ile 2007 Ocak ve 2014 Aralık arasındaki veri seti kullanılarak 14 ülkenin hava taşımacılığı talep tahmini gerçekleştirilmiştir. Model, Simetrik Mutlak Yüzde Hata (sMAPE) kriteri üzerinden 5 farklı model ile karşılaştırılmıştır. Tahmin doğruluğunda, en yakın tahmin yöntemine göre %31, son sıradaki tahmin yöntemine göre %43 daha iyi sonuç verdiği hesaplanmıştır.

2.3. ARIMA ve Holt Winter Yöntemlerinin Birlikte Kullanıldığı Tahmin Çalışmaları

Grubb ve Mason (2001) çalışmalarında Sivil Havacılık Otoritesinin 1949 yılından beri kayıt altına almış olduğu İngiltere yolcu sayısı veri setini kullanarak 2000, 2005, 2010 ve 2015 yılları için uzun dönem talep tahmini yapılmıştır. Uzun zamandır kayıt altına alınmış veri birçok farklı tahmin prosedürünün uygulanmasına olanak sağlamakla birlikte çalışmada Holt-Winter yönteminin modifiye edilmiş hali kullanılmıştır. Çalışmada ARIMA yöntemi yaklaşımı da değerlendirilmiş ancak 1975’li yıllardaki petrol krizi, 1990’daki Körfez Savaşı etkilerinden dolayı veri setine uymadığı görülmüştür. 10 farklı tahmin, ARIMA, Basit Yapısal Model ve 8 farklı parametreye sahip Holt-Winter modeli kıyaslaması yapılmıştır. Zaman verisine uygunluğu daha yüksek olan Holt Winter (0.5,0.98) (Holt-Winter Damped Trend) modeli ile tahmin yapılmıştır.

Lim ve Ark. (2008) yaptıkları çalışmada, konaklama hizmet sektöründeki müşterilerin konaklama gecesinin tahmini için 1996 Ocak-2006 Aralık arasındaki aylık talep miktarları kullanılarak ARIMA ve Holt-Winter modelleri kullanılmıştır. Karşılaştırma yapılan yöntemler çarpımsal ve toplamsal Holt-Winter, ARIMA ve SARIMA olarak belirlenmiştir. Gerçekleşen ve tahmin değerleri arasındaki korelasyon katsayısı karşılaştırıldığında SARIMA modelinin uygun olmadığı görülmüştür. Çarpımsal Holt-Winter modelinin diğer 2 modele kıyasla görece tahmin doğruluğunun daha iyi olduğu görülmüştür.

Adjepong ve ark. (2013), Gana İstatistik Biriminden temin ettikleri 1971 Ocak ve 2012 Ekim arasındaki aylık Gana enflasyon değerleri ile kısa dönem için Mevsimsel ARIMA ve Toplamsal Holt-Winter yöntemi kullanarak tahmin yapmışlardır. Kullanılan veriler iki farklı bölüme ayrılmış birinci bölüm modelleme ve tahmin için kullanılmış, ikinci bölüm ise Ortalama Mutlak Hata (MAE), RMSE, MAPE ve Ortalama Mutlak Ölçekli Hata (MASE) kriterleri ile iki yöntemin karşılaştırıldığı test için kullanılmıştır. Mevsimsel ARIMA modelinde 4 farklı model, Holt Winter'de ise çarpımsal ve toplamsal modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller arasından sARIMA(2,1,2)(0,0,1)₁₂ ile Holt Winter Toplamsal modeli en iyi model olarak karşılaştırılmıştır. Sırasıyla hata kriterleri kontrol edildiğinde; MAE, RMSE, MAPE ve MASE, ARIMA modeli için 0.1787, 0.2104, 1.9123 ve 0.073, Holt Winter modeli için 1.8329, 2.0176, 19.996 ve 0.0745 değerleri hesaplanmıştır. Mevsimsel ARIMA yönteminin Gana Enflasyon tahmini için daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir.

Veiga ve ark. (2014), gıda sektöründe mağazacılık yapan bir şirketin dayanıksız tüketim ürünleri üzerine ARIMA ve Holt Winter yöntemlerini kullanarak talep tahmin yapmış ve sonuçları kıyaslamıştır. MAPE ve Theil Eşitsizlik İndex hata kriterleri olarak kullanılmıştır. Holt Winter yönteminde MAPE değeri % 4,97, U-Theil değeri 0,019, ARIMA yönteminde MAPE değeri %5,66, U-Theil değeri 0,031 olarak hesaplanmış ve Holt Winter yönteminin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

2.4. Literatür Özeti ve Genel Değerlendirme

ARIMA ve Holt-Winter tahmin yöntemleri birçok çalışmaya konu olmuş ve farklı tahmin çalışmalarında kullanılmıştır. Enerji, Finans, Taşımacılık, Hizmet, Gıda vb. sektörlerde, Meteoroloji, Nüfus planlaması vb konularda iki yöntemin aktif olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir. ARIMA yöntemi, tek başına kullanılıp kendi modelleri içinde karşılaştırmalı olarak kullanıldığı gibi farklı modellerle de

performansı test edilmiş ve hibrit tahmin yöntemlerinde birincil basamak oluşturmuştur. Holt-Winter yöntemi, üstel düzeltme yöntemlerinin geliştirilmiş hali olmasının yanında, modelinde içerdiği trend ve mevsimsellik koşullarını da barındırdığı için çok tercih edilen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. ARIMA ve Holt-Winter yöntemleri farklı zaman verilerinde kıyaslanmış olup zaman verisi karakteristiğine göre değişmekle birlikte bazı çalışmalarda birbirine üstün gelmiş ve doğruluk payı yüksek tahmin üretmişlerdir. Araştırmaya konu olan önceki çalışmalar incelendiğinde her iki yöntemde farklı durum ve koşullarda, kesin olarak ARIMA yönteminin ya da Holt-Winter yönteminin birbirinden her zaman doğruluk payı daha yüksek tahmin ürettiği sonucuna varılamamaktadır.

Yapılan tez çalışması, literatüre sürekli üretim yapılan bir işletmenin kimya sektöründe yapılmış yeni bir talep tahmin çalışması kazandırmış ayrıca oluşturulan karar destek sistemi ile talep tahmin problemi çözümü için yeni bir sistem önerilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kimya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin gelecek dönemdeki satışlarını tahmin etmek için Ocak 2011 ve Aralık 2018 dönemi arasında talep miktarlarının yer aldığı 96 aylık veri seti kullanılmıştır. 96 aylık veri seti, işletmenin ERP sistemindeki veri bankasından alınmıştır. Seçilen dönem aralığı hem gerçekleştirilecek analizler için uygun bir örneklem periyoduna sahip olmasından hem de sistemin 2011 yılı itibari ile ürün taleplerinin kayıt altına alınmasından dolayı seçilmiştir. Analizde kullanılacak A ve X gruplarına dahil olan ürünlerin 96 aylık veri setleri paylaşılmıştır.

Çizelge 3.1'de Ürün A1'in talep miktarları incelendiğinde eksik veri olmadığı, veri seti ortalamasının 4026, en küçük değer 1983, en büyük değer 6854 olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.1. Ürün A1'in Aylık Bazda Talep Miktarı

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ocak	4054	3944	4694	4353	3138	3533	5840	4682
Şubat	4183	4204	3983	4089	3459	3124	2780	4277
Mart	6854	4464	4343	4123	2922	3462	3132	4815
Nisan	6570	5363	3945	4713	4074	3088	4810	3024
Mayıs	5858	3923	4837	3993	5330	3297	3490	3285
Haziran	6175	2488	4059	4347	4247	1983	2559	4833
Temmuz	3463	3454	4473	3157	3824	4138	3842	4602
Ağustos	4928	3017	4353	3797	4565	3199	3203	2585
Eylül	4272	4145	4004	3665	3197	2860	4113	2060
Ekim	3520	4495	3804	4133	4944	2808	3719	4118
Kasım	4145	5135	5054	3313	5222	3687	3590	4797
Aralık	4355	4363	3443	4077	2967	5042	3549	4535

Çizelge 3.2’de Ürün A2’nin talep miktarları incelendiğinde eksik veri olmadığı, veri seti ortalamasının 1777, en küçük değer 217, en büyük değer 4110 olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.2. Ürün A2’nin Aylık Bazda Talep Miktarı

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ocak	700	575	700	2125	2625	2224	2424	2477
Şubat	800	1200	1700	1925	1900	2474	2150	2319
Mart	1050	875	2425	1675	3447	3170	2413	3270
Nisan	1000	899	975	2000	1300	1775	1750	2650
Mayıs	850	550	1999	2500	1374	2363	2288	2423
Haziran	675	350	1827	1075	1075	1850	2250	2877
Temmuz	825	217	1400	1125	1698	1900	2038	2590
Ağustos	1225	998	1850	2600	1569	2425	3675	2130
Eylül	350	975	2400	2325	1797	2169	2450	2877
Ekim	550	1149	2325	2675	2545	1487	2725	3362
Kasım	575	1275	1925	2519	1762	2325	2985	3420
Aralık	750	1150	2325	2450	2162	2248	2600	4110

Çizelge 3.3’te Ürün B1’in talep miktarları incelendiğinde eksik veri olmadığı, veri seti ortalamasının 935, en küçük değer 244, en büyük değer 1620 olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.3. Ürün B1’in Aylık Bazda Talep Miktarı

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ocak	722	1072	1045	438	658	657	700	1314
Şubat	647	920	683	500	939	772	728	1127
Mart	704	942	995	528	913	960	635	908
Nisan	935	830	1204	1092	988	779	608	996
Mayıs	1034	1168	1228	1009	983	1310	985	1419
Haziran	1265	793	1405	577	1125	853	705	1077
Temmuz	864	983	1017	1062	954	813	885	1620
Ağustos	862	1042	868	908	1207	863	838	723
Eylül	859	1048	1139	855	1020	793	713	1272
Ekim	764	1475	713	788	779	465	1340	1094
Kasım	925	964	627	950	905	658	850	1299
Aralık	1278	658	630	765	1103	898	1555	1188

Çizelge 3.4'te Ürün B2'nin talep miktarları incelendiğinde eksik veri olmadığı, veri seti ortalamasının 611, en küçük değer 382, en büyük değer 861 olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.4. Ürün B2'nin Aylık Bazda Talep Miktarı

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ocak	415	497	531	640	652	777	578	824
Şubat	392	520	701	700	549	700	629	739
Mart	406	675	662	676	602	580	642	698
Nisan	643	531	452	521	777	634	580	605
Mayıs	639	473	462	560	613	561	632	786
Haziran	396	444	532	727	588	695	748	547
Temmuz	382	694	430	631	579	816	626	587
Ağustos	458	609	677	757	594	646	799	673
Eylül	386	393	587	535	697	761	685	676
Ekim	661	650	745	646	694	535	861	679
Kasım	416	468	554	763	506	580	708	572
Aralık	497	649	463	770	754	594	596	649

3.2. Yöntem

Stok yönetimi ve buna bağlı talep tahmin analizleri işletmelerin gerek operasyonel süreçlerine gerek stratejik süreçlerine destek olmaktadır. Çalışmanın yöntem kısmında ABC ve XYZ sınıflandırma yöntemleri kullanılarak ürünler ayrıştırılmış ve buna bağlı A ve X grubundaki ürünler için zaman serileri yöntemlerinden, ARIMA ve Holt Winter kullanılarak talep tahmini yapılmıştır. Tahmin süreçleri için karar destek sistemi geliştirilmiştir.

3.2.1. Sınıflandırma Yöntemleri

İşletmelerin, envantere bulundurduğu hammadde, yarı mamul ve ürünler için kaynaklarını nasıl dağıttığı önem arz etmektedir. Envanter yönetim stratejileri, farklı sınıflandırma ve değerlendirme araçları ile yapılmaktadır. Kaynak kullanımının optimize edilmesi için önem derecesi yüksek ve düşük olan

envanterlere uygulanacak stratejiler farklı araçlar ile değerlendirilmektedir. Envanter sınıflandırma yöntemleri içinde ABC ve XYZ analizleri en çok kullanılan yöntemler arasındadır. Bu bölümde ABC ve XYZ analizleri ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır.

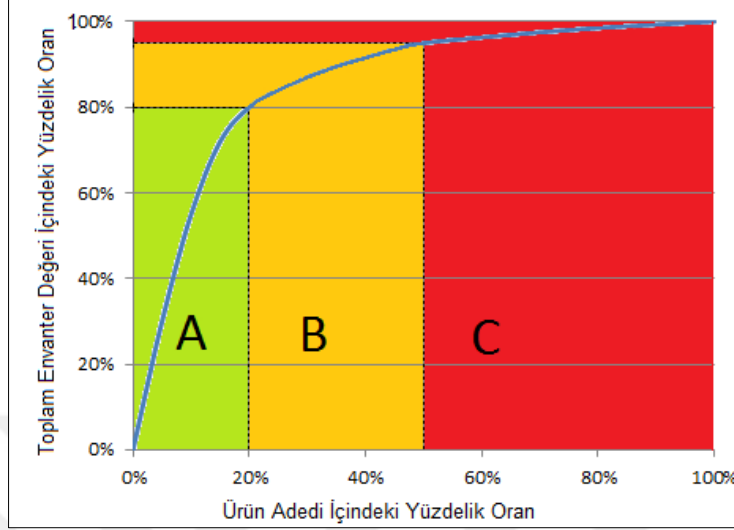
3.2.1.1. ABC Analizi

Stok yönetiminde ABC analizi ürün kodu bazında ürünleri sınıflandırmak için kullanılan etkili bir araçtır. A sınıfı ürünler stok değeri yüksek, C sınıfı ürünler stok değeri düşük ürünleri ifade etmektedir. En yüksek stok değerinden en düşük stok değerine ürünler sıralanarak yüzde birikmiş değeri hesaplanır ve ürün/malzemeler sınıflandırılarak, bulunduğu grubun stratejilerine göre yönetilir. Şekil 3.1’de örnek bir ABC analizi görselleştirilmektedir.

A sınıfı ürünler toplam değer %0-80 aralığına

B sınıfı ürünler toplam değer %80-95 aralığına

C sınıfı ürünler toplam değer % 95-100 aralığına denk gelecek şekilde sınıflandırma yapılır (Balaji, Senthil Kumar,2014).



Şekil 3.1. ABC Analizi Dağılım Örneği (Stojanović, Regodić, 2017)

Çizelge 3.5’de ABC grupları için farklı stratejiler oluşturulmuştur. ABC analizi, işletmelere; A, B ve C grubundaki ürünler/malzemeler için kaynak kullanımının etkin kullanılması ve verimli bir stok kontrolü yapılmasına destek olmaktadır.

Çizelge 3.5. ABC Analizinde Ürün/Malzeme Kontrol Stratejileri (Siddarth Sai, 2018)

Kontrol	A Grubu	B Grubu	C Grubu
Kontrol Tipi	Çok Sık	Orta Derece	Düşük Kontrol
Güvenlik Stok Miktarı	Çok düşük, hatta sıfır stok tutma eğilimi gösterilir.	Aylık taleplerle düşük güvenlik stoku tutma eğilimi gösterilir.	Yüksek güvenlik stoğu, 6 aylık ya da yıllık talepler doğrultusunda yönelim yapılır
Tüketim Kontrolü	Düzenli- Günlük veya Haftalık kontrol yapılır.	İki hafta yada ayda bir kontrol yapılır.	Çeyrek dönemde bir kontrol yapılır.
Malzeme Planlaması	Doğru ve sürekli güncel tutularak yapılmalıdır.	2 hafta önceki verilerle yapılabilir.	Kaba hesaplama ile ayda bir kontrol yapılarak yapılabilir.

3.2.1.2.XYZ Analizi

XYZ analizi stokta tutulan ürünlere hızlı bir bakış imkânı verir. Analiz ile birlikte firma değeri yüksek olan ürünler için fazla stok tutmama eğilimi göstererek stok maliyetini düşürebilir.

XYZ analizi ürün gruplarını aynı ABC analizinde olduğu gibi üç gruba ayırır. X grubundaki ürünlerin talepleri/ihtiyaçları düşük dalgalanma gösterebilen daha yüksek tahminleme doğruluğuna sahiptir, Y grubundaki ürünlerin talepleri/ihtiyaçları daha yüksek dalgalanma gösterebilen daha ortalama bir tahminleme doğruluğuna sahiptir, Z grubundaki ürünlerin talepleri/ihtiyaçları düzensiz bir eğilim gösterebilen çok düşük bir tahminleme doğruluğuna sahiptir (Krishnaraj, Meenakshi, 2016).

XYZ analizinde 12 ayda, aylık talep dağılımı gözlem aralığı olarak alınmaktadır. Analizde bir yıldaki taleplerin ürünler arasında değerlendirme yapılabilmesi için her bir ürünün Varyasyon Katsayısı hesaplanarak değerlendirme yapılır. Literatürde XYZ analizinde kullanılan Varyasyon Katsayısı farklılık göstermekle birlikte X grubundaki ürünler için $CV < \%50$, Y grubundaki ürünler için $\%50 < CV < \%100$, Z grubundaki ürünler için $\%100 < CV$ olarak alınan çalışmalar mevcuttur (Scholz-Reiter ve ark., 2011). Başka bir çalışmada X,Y ve Z grupları için sınır değerler sırasıyla $\%20$, $\%30$ ve $\%50$ olarak belirtilmektedir (Pandya, Thakkar, 2016). İhtiyaçlara göre sınırların farklı değerler alması mümkündür (Zrilic,2013).

$$\text{Varyasyon Katsayısı} = (\text{Standart Sapma} / \text{Ortalama Değer}) * 100 \quad (3.1)$$

İşletmenin yüksek katma değerli ve yüksek hacimli üretim yapmasından dolayı daha stabil tedarik ve stok planlaması için XYZ varyasyon katsayısı oranlarını; X grubundaki ürünler için $CV < \%30$, Y grubundaki ürünler için

$30\% < CV < 70\%$, Z grubundaki ürünler için $70\% < CV$ olarak değerlendirmeye almaktadır.

Şekil 3.2’de örnek bir ABC-XYZ analizi dağılımın nasıl olabileceği görselleştirilmiştir. Envanter değeri ve talep/ihtiyaç dalgalanmaları durumlarına göre ürünlerin dağılımı şekildeki gibi olacaktır.

A 3x3 matrix diagram illustrating the ABC-XYZ distribution. The vertical axis is labeled 'Tahmin Edilebilirlik' (Predictability) with 'Yüksek' (High) at the top and 'Düşük' (Low) at the bottom. The horizontal axis is labeled 'Envanter Değeri' (Inventory Value) with 'Yüksek' (High) on the left and 'Düşük' (Low) on the right. The matrix cells are labeled as follows: Top row (High Predictability): AX, BX, CX. Middle row (Medium Predictability): AY, BY, CY. Bottom row (Low Predictability): AZ, BZ, CZ.

Tahmin Edilebilirlik	Yüksek	AX	BX	CX
		AY	BY	CY
	Düşük	AZ	BZ	CZ
		Yüksek		Düşük
		Envanter Değeri		

Şekil 3.2. ABC-XYZ Dağılım Örneği (Petropoulos, ve Ark., 2015)

ABC ve XYZ analizlerinin birleştirilmesi ile ürünler için yönetim stratejileri (Stojanović, Regodić, 2017) ayrıca Çizelge 3.6’da stratejiler verilmektedir;

A ve X Grubu; toplam payda büyük değere sahip, düzgün tüketim ve düşük dalgalanmaya sahip ürün/malzeme grubudur. Kesin üretim planı ve siparişi mümkün kıldığı içinde güvenlik stoğu tutmak gerekli değildir.

A ve Y Grubu; toplam payda büyük değere sahip, düzensiz tüketim ve orta derece dalgalanmaya sahip ürün/malzeme grubudur. Talep/İhtiyaç durumuna göre üretim emri yapılır ve satınalma siparişi verilir.

A ve Z Grubu; toplam payda büyük değere sahip, zaman zaman tüketim ve yüksek dalgalanmaya sahip ürün/malzeme grubudur. Talep/İhtiyaç olduğunda üretim emri yapılır ve satınalma siparişi verilir.

B ve X Grubu; toplam payda orta derece değere sahip, düzgün tüketim ve düşük dalgalanmaya sahip ürün/malzeme grubudur. Dinamik üretim/satınalma sistemi kurulmalı ve düşük güvenli stoku bulundurulmalıdır.

B ve Y Grubu; toplam payda orta derece değere sahip, düzensiz tüketim ve düşük dalgalanmaya sahip ürün/malzeme grubudur.

C ve X Grubu; toplam payda küçük değere sahip, düzgün tüketim ve düşük dalgalanmaya sahip ürün/malzeme grubudur. İhtiyaç/talep miktarına göre üretim emri yapılır yada satın alma siparişi verilir.

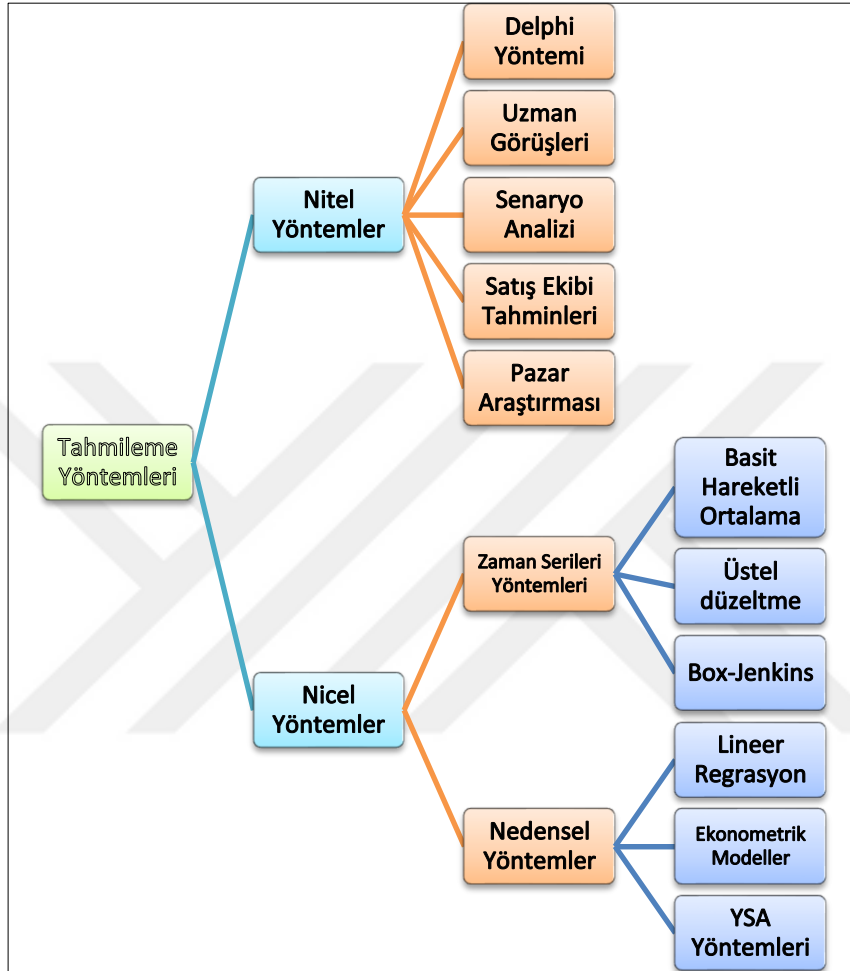
B ve Z, C ve Y, ve C ve Z grubunda olan ürünlerin toplam payda düşük etkisi olması ve dalgalanmaları X grubundakilere göre yüksek olmasından dolayı sipariş üzerine üretim ve ihtiyaç planlaması yapılarak sıfır stokla yönetilirler.

Çizelge 3.6. ABC-XYZ Analizinde Ürün Stratejileri (Stojanović, 2017)

	A	B	C
X	-Yüksek Değer -Yüksek Tahmin edilebilirlik -Sürekli Talep -Düşük Stok	-Orta Derece Değer -Orta Derece Tahmin edilebilirlik -Sürekli Talep -Düşük Stok	-Düşük Değer -Düşük Tahmin edilebilirlik -Sürekli Talep -Düşük Stok
Y	-Yüksek Değer -Orta Derece Tahmin edilebilirlik -Değişken Talep -Düşük Stok	-Orta Derece Değer -Orta Derece Tahmin edilebilirlik -Değişken Talep -Orta Seviye Stok	-Düşük Değer -Orta Derece Tahmin edilebilirlik -Değişken Talep -Yüksek Stok
Z	-Yüksek Değer -Düşük Tahmin edilebilirlik -Belirsiz Talep -Orta Seviye Stok	-Orta Derece Değer -Düşük Tahmin edilebilirlik -Belirsiz Talep -Orta Seviye Stok	-Düşük Değer -Düşük Tahmin edilebilirlik -Belirsiz Talep -Yüksek Stok

3.2.2. Tahmin Yöntemleri

Talep tahmin yöntemleri nicel ve nitel yöntemler olarak iki farklı gruba ayrılmaktadır. Her bir yöntemin kendi arasında avantajlı ve dezavantajlı olduğu durumlar mevcuttur ve alınacak tüm kararlarda uygun talep tahmin yöntemi seçimi önemlidir. Şekil 3.3'de en yaygın olarak kullanılan modeller göz önünde bulundurularak tahmin yöntemleri kategoriye ayrılmıştır.



Şekil 3.3.Talep Tahmin Yöntemleri Kategorisi (Wang ve ark., 2018)

3.2.2.1.Nitel Yöntemler

Nitel tahmin yöntemleri; nesnel ve kişisel tecrübeye dayalı teknikler olarak adlandırılır ve öncelikli olarak insan bilgi birikimi ile genelleme ve tahmin yapan teknikler olarak bilinir (Viglioni, 2007).

Nitel tahmin yöntemleri kişisel yargıya bağımlı olup geçmiş verileri analizini göz ardı ederek tahmin yapmak için kullanılır. Özellikle geçmiş veri

olmadığında ya da matematiksel modellerin anlamsız ve sorgulanabilir olduğu durumlarda kullanılmaktadır. En yaygın olan 5 yöntem kısaca anlatılmıştır.

3.2.2.1.(1). Delphi Yöntemi

Delphi yöntemi, uzmanların gelecek olaylarla ilgili görüşlerini paylaştığı bir grup anket tekniğidir. Farklı grup ve tur sayıları ile Delphi yöntemi uygulanmaktadır. Belirli bir konu üzerinde grup içerisindeki uzmanlar birbirinden bağımsız bir şekilde ilk tur tahminleri yapar ve sonuçlar geri bildirim olarak uzmanlara aktarılır. Bir sonraki turda uzmanlardan tekrar tahmin istenir ve her tur sonunda geri bildirim yapılarak tahmin sonuçlanır. Delphi yöntemi, tahmin öncesinde belirlenen tur sayısına, yakın tahmin durumlarına vb. kriterlere göre sonlandırılır (Rowe, Wright, 1999). Delphi yöntemi, uygulanması en kolay tekniklerden biri olmasına rağmen zaman alıcı bir süreçtir.

3.2.2.1.(2) Uzman Görüşleri

En basit ve yaygın kullanılan tahmin yöntemlerinden biridir. Sektörün ilgili taraflarının, sektörde bulunan uzmanlar veya devlet yetkililerinin bir araya gelerek gelecek tahminleri hakkında ortak bir kanaata varması ya da ortak bir tahmin aralığında buluşmasını sağlayan bir tekniktir (Frechtling,2001). Yöntemin uygulanması çok basit olmakla birlikte çok uzun bir geçmiş veri olmadan da tahmini yapılabilmektedir. Uzman Görüşlerinde olumsuz sonuç doğurabilen en önemli nokta yetki ve tecrübesi daha çok olan kişilerin tahminlerine kayma ihtimali olmasıdır.

3.2.2.1.(3). Senaryo Analizleri

Senaryo analizleri, gelecekte olabilecek farklı durumları oluşturan faktörlerin nasıl etki edeceğinin değerlendirilmesi ile yapılan sistematik bir düşünme biçimidir. Farklı etki eden kriterler ve stratejilerle birlikte senaryolar

çeşitlendirilebilir ve karar destek sürecinde en iyi-en kötü senaryolar simule edilip değerlendirilerek gelecek tahmini süreci yürütülebilir (Fahey, Randall, 1998).

3.2.2.1.(4). Satış Ekibi Tahminleri

Satış ekibi tahminleri, pazarlama ve satış biriminde çalışan her bir personelin ürün kodu bazında pazarlama ve satış yaptıkları bölgelerden topladıkları talep tahminleridir. Bu süreç alt kırılımdan üst kırılıma doğru oluşmaktadır (Martinovic ve ark., 2006). Nitel talep tahminleri yöntemlerinde, satış ve pazarlama personellerinin kendi alanında müşterilerle birebir iletişim halinde olmasından dolayı çok fazla kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır.

3.2.2.1.(5). Pazar Araştırması

Pazar araştırması firmanın içsel veya dışsal kaynaklardan yararlanmadığı durumlarda direk son kullanıcının geri bildirimlerinden elde ettiği verilerle tahmin yapmaya çalışan bir tekniktir. Firmalar zaman zaman anket yoluyla müşterilerinden tüketim miktarı gibi bilgileri temin edebilir. Son kullanıcıdan alınan geri bildirimlerin yansız olmasından dolayı tercih edilen ancak maliyeti yüksek olan bir nitel yöntemdir.

3.2.2.2. Nicel Yöntemler

Nicel yöntemler, matematiksel işlemlerle geçmiş verilerin analiz edilerek tahmin yapılması süreçlerinden oluşmaktadır. Tahmin tekniklerinin matematiksel bir tabana dayanıyor olması tahmin yöntemlerinin öznellikten bağımsız olmasını sağlamaktadır. Günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisi ile matematiksel tabana dayalı tahmin tekniklerinin doğruluk oranı daha yüksektir. Bu olumluluk birçok farklı sektör ve iş süreçlerinde nicel yöntemlerin kullanım alanını genişletmiştir (Holden ve ark., 1994).

Şekil 3.1’de görüleceği üzere nicel yöntemler sıradan ve zaman verileri yöntemleri olarak iki farklı grupta incelenmektedir. Sıradan yöntemler neden-sonuç ilişkisi üzerinden geçmiş ve gelecek ile bağlantı kurarken, zaman verileri yöntemleri geçmişte yer alan durumların gelecekte de benzer bir yol izleyeceği öngörüsü ile bağlantı kurmaktadır. En yaygın olan 3 yöntem kısaca anlatılmıştır

3.2.2.2.(1). Zaman Verileri Yöntemleri

Zaman verileri yöntemleri geçmiş veri setinden gelecekte oluşabilecek tahminleri hesaplama konusunda en çok kullanılan yöntemlerdendir. Zaman verilerinin amacı stokastik olarak gözlemlenen verilerin anlaşılması ve modellenmesi sonrasında geçmiş veriye bağlı verinin gelecekteki değerlerini tahmin etmektir.

Zaman verilerinde, zaman sürekli ve ileriye doğru hareket eden bir parametre iken bu değişikliğe bağlı olaylar gerçekleşmektedir. Bu olaylar, zaman verilerini incelediğimizde 4 farklı şekilde etkilenmekte ve analiz sürecinde değerlendirilmektedir (Özoğuz, 1986).

Bahsi geçen 4 durum aşağıda belirtilmiştir.

- **Uzun dönem eğilimi;** zaman verisinin uzun süreli düşme ya da yükselme eğilimi gösterdiği durumdur (İpek,2019).
- **Konjonktür dalgalanmalar;** ülke içinde ve dünya genelinde yaşanmış siyasi veya doğal afetlerden vb. durumlardan kaynaklanan zaman verisine etki eden durumlardır (İpek,2019).
- **Mevsimsel dalgalanmalar;** Mevsimsel dalgalanmalar dönemseldir ve etki süreleri hemen hemen aynıdır. Bu dalgalanmalar her yıl meydana gelen olayların, coğrafi koşullar, dini bayramlar vb. olayların etkisi ile oluşmaktadır. En yaygın gözlenen meteorolojik olaylar mevsimsel dalgalanmada en sık örnek verilen durumlar arasındadır (İpek,2019).

- **Rassal hareketlenmeler;** Zaman verisi içinde anlamlı bir değer taşımayan, trend, konjonktür ve mevsimsel dalgalanmalardan farklı etkiye sahip, düzensiz ve herhangi bir sistematik yapıya sahip olmayan hareketlere rassal hareketler denir (Akdeniz, 1991). Rassal dalgalanmalarda belirli bir sebep sonuç ilişkisi kurulamadığı için herhangi bir şekilde tahmin edilmeleri mümkün değildir.

Bahsi geçen tanımlardan bir zaman verisi toplamsal olarak $Y_t = T_t + C_t + S_t + I_t$, çarpımsal olarak $Y_t = T_t * C_t * S_t * I_t$ eşitliklerdeki gibi bir yapıya sahip olacaktır (İpek,2019). Y_t , gerçekleşen değeri, T_t , uzun dönem eğilimi, C_t , konjonktür dalgalanmalarını, S_t , mevsimsel dalgalanmaları, I_t , rassal hareketlenmeleri ifade etmektedir.

3.2.2.2.(1) (a) Basit Hareketli Ortalama Yöntemi (SMA)

Hareketli ortalama yöntemi, zaman verileri içinde uygulanması en basit ve en yaygın kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. SMA yöntemi en yakın m adet gözlem noktasının aritmetik ortalamasını alarak bir sonraki dönemin tahmin edilmesinde kullanılır. m değeri tahmini yapılacak verinin karakteristiğine göre spesifik olarak seçilir. Haftalık tahminlerde m değeri 4, aylık tahminlerde m değeri 12 olarak seçilir ve bir sonraki dönem tahmini yapılır (Frechtling,2001).

Eşitlik 3.2’de basit hareketli ortalama m dönemlik tahmin hesaplaması verilmiştir.

$$F_{t+1} = (Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-m+1})/m \quad (3.2)$$

Burada, F_{t+1} , t+1 dönemi için hesaplanan talep tahminini, Y_t , t döneminde gerçekleşen değeri, m hareketli ortalaması alınacak terim sayını için kullanılmaktadır.

3.2.2.2.(1) (b) Basit Üstel Düzeltme (ES)

Üstel düzeltme yöntemi, yakın dönemdeki gerçekleşen taleplerin ağırlığını yüksek tutarak geçmiş verilere daha az ağırlık verilmesi ile talep tahmini yapmaktadır. Gerçek veriyi üstel düzeltme faktörü ile hesaplama yapmaktadır. 1944 yılında Robert G. Brown oluşturduğu model Charles Holt ve öğrencisi Peter Winters, tarafından trend ve mevsimsellik düzeltme faktörleri de eklenerek geliştirilmiştir (Hyndman ve ark., 2009).

Üstel düzeltme faktörü, α , 0 ve 1 arasında değişen bir değere sahip olmakla birlikte en yakın gözlem noktasının düzeltme faktörü α ve bir önceki gözlem noktasının düzeltme faktörü $(1-\alpha)$ olarak kullanılır. Böylelikle iki dönem önceki gözlem noktasının düzeltme faktörü $\alpha(1-\alpha)^2$ olarak kullanılır ve eski gözlem noktalarına çok daha az ağırlık verilerek tahmin değeri hesaplanır. Eşitlik 3.3'de üstel düzeltme yöntemi verilmiştir.

$$\text{Yeni Tahmin} = [(\alpha \times \text{Yeni Gözlem}) + ((1-\alpha) \times \text{Eski Tahmin})]$$

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t \quad (3.3)$$

Burada, F_{t+1} , t+1 dönemindeki talep tahmini yada düzeltilmiş değeri, Y_t , t dönemdeki gerçek değeri, α ise 0 ile 1 arasında değişen düzeltme faktörünü ifade etmektedir.

3.2.2.2.(1) (c) Box-Jenkins Yöntemi (ARMA)

Zaman verileri verilerine otoregresif hareketli ortalama uygulaması ile tahmin yapan George Box ve Gwilym Jenkins'in adları ile de anılan yöntemdir. ARMA modeli otoregresif (AR) süreç ile hareketli ortalama (MA) süreçlerinin birleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Eşitlik 3.4'te ARMA modelinin genel formu verilmiştir.

$$Y_t = \Phi_0 + \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + e_t - \omega_1 e_{t-1} - \omega_2 e_{t-2} - \dots - \omega_q e_{t-q} \quad (3.4)$$

Burada, Y_t , t dönemindeki gerçekleşen değer, Φ , otoregresif değer kat sayısı, ω , hareketli ortalama değer katsayısı, e , hata değerini ifade etmektedir.

ARMA modeli durağan zaman verileri verilerinde kullanılırken durağan olmayan zaman verilerinde Box ve Jenkins'in fark işlemi uygulanarak verinin durağanlaştırılabileceğini önerilmiştir. Fark işlemi sonrasında model bütünlük otoregresif hareketli ortalama (ARIMA) olarak adlandırılmaktadır (Box, Jenkins, 1976).

3.2.2.2.(2). Nedensel Yöntemler

Neden sonuç ilişkisine dayalı tahmin ile bağımlı değişkenler arasında bağlantıya göre kullanılan yöntemlerdir. En çok kullanılan yöntemler arasında regresyon modeli yer almaktadır. Bağlı ve bağımsız değişkenler arasında güçlü istatistik çıkarımlarla tahmini yapılmasına yardımcı olur.

3.2.2.2.(2) (a) Regresyon Yöntemi

Bağılı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki bağı ne kadar kuvvetli ise tahmini sonuçları aradaki ilişki bağına göre şekillenmektedir. Regresyon modelinde bir bağımlı, tahmin edilecek veri ve bir bağımsız değişken bulunmaktadır. Eşitlik 3.5'te Regresyon Model formu verilmiştir.

$$F_t = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_n X_n + e \quad (3.5)$$

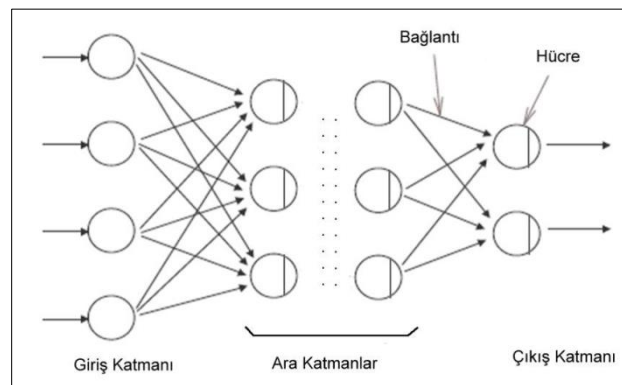
Burada, F_t : Bağımlı değişken ya da tahmin değeri, B_i , değişken katsayıları, X_i , bağımsız değişkenleri, e , hata değeri olarak ifade edilmektedir (Uyanık, Güler, 2013).

3.2.2.2.(2) (b) Ekonometrik Yöntemler

Gerçek hayatta bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki çok belirgin olmamakla birlikte zaman zaman iç içe geçmiş durumdadır. Mevcut regresyon analizi yöntemi karmaşık ve dinamik bağlantı içinde olan değişkenlerin tahmininde uygun ve düzgün bir sonuç üretmeyebilmektedir. Statik olarak kullanılan regresyon analizi, değişkenlerin birbiri ile bağlantı durumlarının kesin olmamasından dolayı dinamik ve anlık olarak kullanılabilir yeni yöntemler oluşturulmuş ve bu yöntemler; ekonometrik yöntemler olarak adlandırılmıştır (Zellner, 2004).

3.2.2.2.(2) (c) YSA Yöntemleri (YSA)

Yapay Sinir Ağları, girdi-çıkı ilişkisinde karmaşık modelleme gücüne sahip önemli yöntemler arasında yer almaktadır. YSA, birbirine bağlı nöronlara atanmış ağırlıklarla analizlerini gerçekleştirir. YSA modelleri genel olarak girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanından oluşur ve girdi katmanında bağımsız değişkenler, çıktı katmanında bağımlı ya da tahmini yapılacak veri seti yer almaktadır. Genel olarak düşünüldüğünde lineer olmayan basit matematiksel fonksiyonlar yöntemde kullanılmasından dolayı regresyon analizine kıyasla lineer olmayan bir yapıya sahiptir (Wang ve ark.,2011). Şekil 3.4'de örnek bir YSA modeli gösterilmiştir.



Şekil 3.4. YSA Yöntemi Örneği (Öztemel, 2006)

3.2.3. Zaman Verilerinin Analizi ve Özellikleri

Zaman verileri analizinde, dalgalanmaların verinin bu dört bileşenden kaynaklandığı ve bileşenlerin birbiri arasında toplanabilen veya çarpılabilen bir ilişkinin olduğu varsayılır. Veride var olmuş bir değer bu bileşenlerin toplanması ya da çarpılmasıyla elde edilebilir (Işık, 2006).

Zaman verileri analizlerinde uygulama verinin durağan bir yapıda olması veya durağan bir yapıya dönüştürülmesi sonrasında yapılmaktadır. Analiz yapılacak verinin tahmini yapılırken doğru bir sonuç alınması için durağan olduğu/durağanlaştırıldığı kabul edilerek tahmini sonuçları bu varsayım üzerinden değerlendirilir.

Trend etkisine sahip zaman verileri uzun dönem ortalamasının değiştiği verilerdir ve analiz edilecek konuya göre trend etkisinin dönemi değişiklik gösterebilir. Bazı iklimsel olaylarda uzun dönem 50 yıl, teknoloji gelişiminde 6 ay kabul edilebilir.

Zaman verileri her nasıl bir durumdan etkilenirse etkilenen durağanlaştırılıp analiz edilmek zorundadır. Mevsimsellik etkisi daha önce de bahsi geçtiği üzere yıllık dönemde belirli bir model sergileyen verilerdir. Mevsimsel etkiye sahip zaman verisi üç farklı şekilde tanımlanabilir (Brockwell, Richard, 2002).

$$Y_t = m_t + S_t + e_t \quad (3.6)$$

$$Y_t = m_t S_t + e_t \quad (3.7)$$

$$Y_t = m_t S_t e_t \quad (3.8)$$

Burada m_t , mevsimsel etkisindeki eğimden arındırma faktörü, S_t , mevsimsel etki faktörü, e_t ise hata terimi olarak yer almaktadır.

Eşitlik 3.6'de toplamsal, eşitlik 3.7'de ve 3.8'te çarpımsal modeller ifade edilmektedir. Toplamsal ve çarpımsal modeller, mevsimsellik eğimi ve

mevsimsellik etki faktörünün toplam ya da çarpım olarak modele dahil edilmesine göre farklılık göstermektedir. Özellikle eşitlik 3.8'te mevsimsel etkiden arındırmak için logaritmik dönüşüm uygulamak veriyi durağan hale getirmeye yetecektir. Yıllık veya çeyreklik dönemde aylık verilerin olduğu bir veriyi durağan hale getirmek için Eşitlik 3.9'ten faydalanılabilir.

$$M_t = (0,5 Y_{t-k} + Y_{t-k+1} + \dots + Y_{t-k-1} + 0,5 Y_{t+k}) / d \quad t=1,2,3..n \quad (3.9)$$

Burada, d hareketli ortalama dönem aralığını k ($k = d/2$) ise kaydırma operatörünü tanımlamakla birlikte t değeri, $k < t \leq n-k$ aralığında yer almaktadır.

3.2.3.1. Durağanlık Durumu ve Durağanlık Tespiti

Rassal Yürüyüş durağan olmayan bir zaman verisi örneğidir. e_t 'nin μ ortalama ve σ^2 varyanslı bir veri olması varsayımı altında, Y_t verisi aşağıda 3.10' da tanımlanan süreçle üretiliyorsa bu veri rassal yürüyüş verisidir.

$$Y_t = Y_{t-1} + e_t \quad (3.10)$$

Eşitlik 3.10'i, Eşitlik 3.11, Eşitlik 3.12 ve Eşitlik 3.13'teki gibi açılım yaparak yazarsak, rassal yürüyüş sürecinin durağan olmayan bir veri olduğu sonucuna ulaşabiliriz.

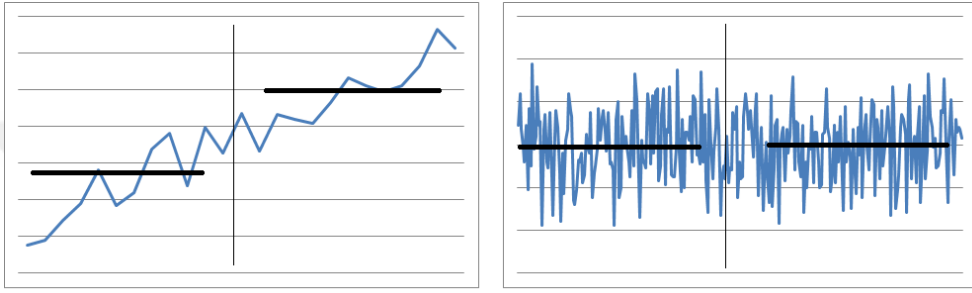
$$Y_1 = Y_0 + e_1 \quad (3.11)$$

$$Y_2 = Y_1 + e_2 = Y_0 + e_1 + e_2 \quad (3.12)$$

$$Y_n = Y_{n-1} + e_n = Y_0 + e_1 + e_2 + \dots + e_n \quad (3.13)$$

$$Y_n = Y_0 + \sum_{t=1}^n e_t \quad (3.14)$$

Eşitlik 3.14'de Y_0 teriminin sabit olduğu varsayımı ile e_t terimlerinin veriyi durağanlıktan uzaklaştırdığı görülmektedir. Şekil 3.5 (a) grafiğinde verinin ortalamasının zamanla değiştiği yani durağanlıktan uzaklaştığı, Şekil 3.5 (b) grafiğinde verinin zamana bağlı ortalamasının değişmediği durağan olduğu görülmektedir.

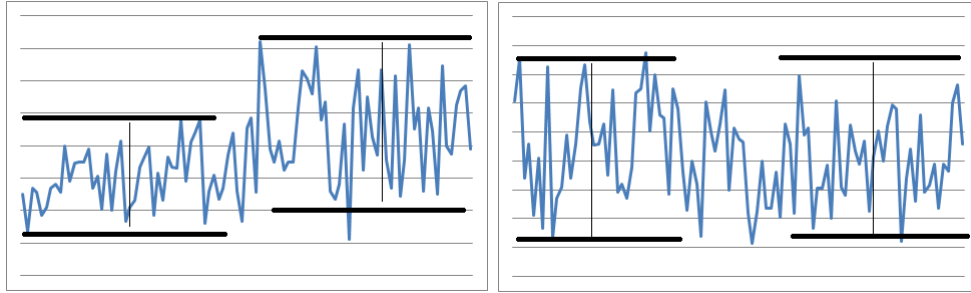


a)Durağan Olmayan Veri

b) Durağan Veri

Şekil 3.5. Zaman Verisinin Ortalamada Durağanlık Durumu

Şekil 3.6 (a) grafiğinde verinin varyansının zamanla değiştiği yani durağanlıktan uzaklaştığı, Şekil 3.6 (b) grafiğinde verinin zamana bağlı varyansının değişmediği durağan olduğu görülmektedir.



a)Durağan Olmayan Veri

b) Durağan Veri

Şekil 3.6. Zaman Verisinin Varyansta Durağanlık Durumu

Durağanlık kavramı veri de verilerin aynı davranışta olduğunu ifade etmektedir. Beyaz gürültü (white noise), kuru gürültü gibi kavramlar pür rassal süreçle aynı anlama gelmektedir. Bir verinin durağan olduğunu;

1. Eşitlik 3.15'deki gibi eğer tüm veri sabit bir ortalamaya sabitse,

$$E(Y_t) = \mu_y, \quad (3.15)$$

2. Eşitlik 3.16'deki gibi veride zamandan bağımsız bir varyans mevcutsa,

$$\text{Var}(Y_t) = E[(Y_t - \mu_y)^2] = \sigma_y^2 \quad (3.16)$$

3. Eşitlik 3.17'deki gibi verideki iki değer arasındaki kovaryans, değerlerin zamansal uzaklığına bağlıysa veri durağandır ve tahmin modeli herhangi bir işlem yapılmadan uygulanabilir.

$$\text{Cov}(Y_t, Y_{t-h}) = E[(Y_t - \mu_y)(Y_{t-h} - \mu_y)] = \delta_h \quad (3.17)$$

Bu sürecin rassal değişkenleri sabit bir ortalamaya ve sabit bir varyansa sahiptir. Durağan olmama durumunda, durağanlık durumu şartları sağlanamaz ve veri direkt olarak modellenemez. Durağan olmama durumu olan bir zaman verisini tanımlamak için; rassal yürüyüş (random walk), hareketli ortalamalar süreci (moving-averages process), otoregresif süreç (autoregressive process) kullanılabilir (Uğurlu, 2009).

Verinin trend ve mevsimsellik durağanlık durumu tespiti için Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) birim kök testi ve Kruskal-Wallis testi en çok uygulanan testler arasında yer almaktadır.

3.2.3.1.(1) Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) Birim Kök Testi

Farklı birim kök tespiti için kullanılan prosedürler olsa da literatürde Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) birim kök testi en yaygın önerilen prosedürler arasında yer almaktadır (Akdağ, 2015). Dickey –Fuller (1979) tarafından bir verinin durağanlık durumunu birinci dereceden otoregresif modelini baz alan, AR(1) süreci üzerinden sorgulayan test geliştirilmiştir. AR(1) modeli Eşitlik 3.18’de ifade edilmektedir.

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + e_t \quad (3.18)$$

Eşitlik 3.18 ρ değerinin H_0 ve H_1 hipotezleri sınanır ve ρ ’nun değerine göre verinin durağanlık durumu tespit edilir (Asteriou, Hall,2007: 295-297).

H_0 : $\rho=1$: veri durağan değildir.

H_1 : $\rho<1$: veri durağandır.

Verinin önceki dönemde (Y_{t-1}) aldığı değer ve bulunduğu döneme (Y_t) etkisi belirlenerek verinin sahip olduğu özellik belirlenebilir. $\rho=1$ ise çarpanı olduğu değişken ile birlikte ileriki dönemlere etki edeceği ve tüm veriye belirli bir ivme kazandıracığı anlamına gelir. Sonuç olarak verinin durağan olmadığı ve trendin stokastik olduğu gözlemlenir. $\rho<1$ olduğu takdirde, geçmiş dönemlerdeki etkinin gelecek dönemlerde azalarak belli bir dönem süreceği ve kısa bir süre sonra sonlanacağı görülür (Tarı, 2014: 387). Eşitlik 3.18’in her iki tarafından Y_{t-1} çıkarılırsa, Eşitlik 3.19 elde edilecektir. $\rho-1$ değeri yerine δ değerini yazdığımızda Eşitlik 3.20’ e dönüşüm yapılacaktır.

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + e_t \quad (3.19)$$

$$\Delta Y_t = (\rho-1) Y_{t-1} + e_t = \delta Y_{t-1} + e_t \quad \delta = \rho-1 \text{ bu durumda;} \quad (3.20)$$

DF birim kök testi ile verinin durağanlık kontrolü yapılırken Dickey-Fuller tarafından oluşturulan t dağılım istatistiğinden farklı olarak tau istatistiği kullanılır ve MacKinnon(1991) tarafından tablo haline getirilen özel kritik değerler hipotezlerin sorgulanmasında yardımcı olur (Asteriou, Hall,2007: 295-297). DF testi sonucunda elde ettiğimiz değer mutlak değer içinde kritik değerden büyük ise H_0 hipotezi reddedilerek verinin birim kök içermediği ve durağan olduğu kabul edilir. Çizelge 3.7’de kritik değerler gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. DF Testi için Kritik Değerler (MacKinnon,1991)

Model	%1	%5	%10
$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + e_t$	-2.56	-1.94	-1.62
$\Delta Y_t = \beta_0 + \delta Y_{t-1} + e_t$	-3.43	-2.86	-2.57
$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 + \delta Y_{t-1} + e_t$	-3.96	-3.41	-3.13

DF birim kök testinde üç farklı birim kök testi bulunmaktadır. $\delta = \rho-1$ olmak üzere;

$$\text{Sabit terimsiz trendsiz Dickey-Fuller denklemi : } \Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + e_t \quad (3.21)$$

$$\text{Sabit terimli trendsiz Dickey-Fuller denklemi : } \Delta Y_t = \beta_0 + \delta Y_{t-1} + e_t \quad (3.22)$$

$$\text{Sabit terimli trendli Dickey-Fuller denklemi : } \Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 + \delta Y_{t-1} + e_t \quad (3.23)$$

Veri hakkında parametre bilgisi mevcut değilse Eşitlik 3.23 modelinden başlanarak ilgili kritik değer ile hipotez sınaması yapılır.

1. Eğer $H_0 \delta \geq 0$ reddedilirse verinin trend durağan $I(0)$ olduğuna karar verilir.
2. $H_0 \delta \geq 0$ hipotezi kabul edilirse veride birim kökün varlığı söz konusu olur.

Eşitlik 3.21, Eşitlik 3.22 ve 3.23'den farklı olarak sabit terim ve trend içermediği görülmektedir. Veride δ değeri 0'a eşit olduğu takdirde veri durağanlıktan uzaklaşmakta ve durağan olmayan bir veri haline gelmektedir (Haris, Sollis, 2003).

3.2.3.1.(2) Kruskal-Wallis Testi

Kruskal Wallis testi, farklı gruplar içinde yer alan değerlerin aynı evrene ait olup olmadığını sorgulayan tek yönlü varyans analizinin parametrik olmayan karşılığıdır. Kruskal Wallis testinde birden çok örneklem ortalamasının birbirinden anlamlı bir şekilde farklılık gösterip göstermediği test edilir. Özellikle mevsimsellik analizinde her bir döneme denk gelen değerler birbiri ile karşılaştırılarak anlamlılık düzeyine göre H_0 ve H_1 hipotezleri oluşturulur (Ostertagová, 2014). Eşitlik 3.24'te Kruskal Wallis denklemi ifade edilmektedir.

$$s = \left[\frac{12}{N(N-1)} \sum_{i=1}^n \frac{T_i^2}{p} - 3(N+1) \right] \quad (3.24)$$

Burada N , örneklem sayısını, T , i 'nci periyottaki sıra sayılarının toplamını, p , periyottaki dönem sayısını, n , periyot sayısını ifade etmektedir. s değeri, örneklem sayısının miktarına göre Ki Kare dağılımı değeri ile kıyaslanır.

$H_0 : s < \text{Ki Kare değeri}$ kabul edildiği takdirde veride mevsimsellik durumu söz konusu değildir,

$H_1 : s > \text{Ki Kare değeri}$ kabul edildiği takdirde veride mevsimsellik durumu vardır ve verinin mevsimsellikten arındırılması gerekmektedir.

3.2.3.2. Zaman Verilerinde Performans Değerlendirmesi

Tahmine performansı her model için uygulanmalı, model uygunluğu test edilmeli ve literatürde geçen ya da ilgili kurumun yöneticileri tarafından kabul edilen hata değerler içinde olup olmadığı görülmelidir.

Model uygunluğu literatürde bahsi geçen referans değerler içinde de olabilir, yapılan tahminin amaca uygunluğu açısından da olabilir. Bu noktada performansı ne olarak tanımladığımız önem arz etmektedir. Geçmiş verilere uygun bir eğri uydurma, performans değeri için olumlu görünse de tahmin açısından yüksek hata değerleri üretebilmektedir. Model uygunluğunda önemli olan geçmiş verileri birebir kapsayacak bir eğri değil gelecek tahmini için kullanılacak bir eğri oluşturmaktadır.

Model performans değerlendirme için birçok istatistiksel analiz aracı mevcuttur ve tahmini doğruluğunun bir süreç olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. En temel tahmin hatası gerçek değer (Y_t) ile bir önceki dönemdeki tahmin (F_t) arasındaki farktır (Montgomery, ve ark.,2008).Eşitlik 3.25'da en temel hata hesaplaması gösterilmektedir.

$$e_t = Y_t - F_t \quad (3.25)$$

Ortalama Hata (ME); Tüm veride gerçekleşen değer ile tahmin değeri arasındaki farkların ortalamasının alınmasıyla hesaplanmaktadır. Eşitlik 3.26'de ME ifade edilmektedir.

$$ME = 1/n(\sum(Y_t - F_t)) \quad (3.26)$$

Ortalama Mutlak Hata (MAD): Tüm verideki hata değerlerinin mutlak değerlerinin toplanması ve ortalamasının alınmasıyla hesaplanmaktadır. Ortalama hataya kıyasla veriden yanlış yönlere olan sapma hatalarını daha fazla

cezalandırmaktadır (Hanke, Wichern, 2009). Eşitlik 3.27’de MAD ifade edilmektedir.

$$MAD = \frac{1}{n} (\sum_{t=1}^n |Y_t - F_t|) \quad (3.27)$$

Ortalama Hata Karesinin Kökü (RMSE): Hata terimlerinin karelerinin alınması, hatalara daha fazla ceza verilmesini sağlamaktadır (Hyndman & Koehler, 2006). Eşitlik 3.28’de RMSE ifade edilmektedir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} (\sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2)} \quad (3.28)$$

Ortalama hata değerinin herhangi bir trend yanlılığı olmaması için sıfıra eşit olması beklenir. Sıfırdan farklı bir sonuç tahminde yanlılık olduğunun göstergesidir. Yanlılık durumu, zaman verisinde yaşanan herhangi bir değişimi, kurduğumuz tahmin modelinin takip edememesi anlamına gelmektedir. RMSE ise tahmin hatasının standart sapmasını vermektedir.

Ortalama mutlak hata ve ortalama kare hata, tahmin hatasındaki değişimi göstermektedir. Tahmin hatasındaki değişimin olabildiğince düşük olması beklenir. ME ve MAD hesaplamaları tahmin hatalarında toplamsal hesaplama yöntemleridir ve tahminin yönünü belirlememizde yardımcı olur. Yaptığımız tahminin farklı modellerle karşılaştırılması ve hangi modelin daha iyi sonuç verdiğini görebilmek için farklı bir tahmin hatası hesaplama yöntemi kullanılmaktadır.

Ortalama Mutlak Yüzde Hata Oranı (MAPE): Yüzde değerle ifade edildiği için birimi olmayan hata kriterleri arasında yer almaktadır. Genel olarak farklı verilerin hata değerlerini karşılaştırmak için kullanılır. Eşitlik 3.29’da MAPE ifade edilmektedir.

$$\text{MAPE} = 100 * \frac{1}{n} \left(\sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right| \right) \quad (3.29)$$

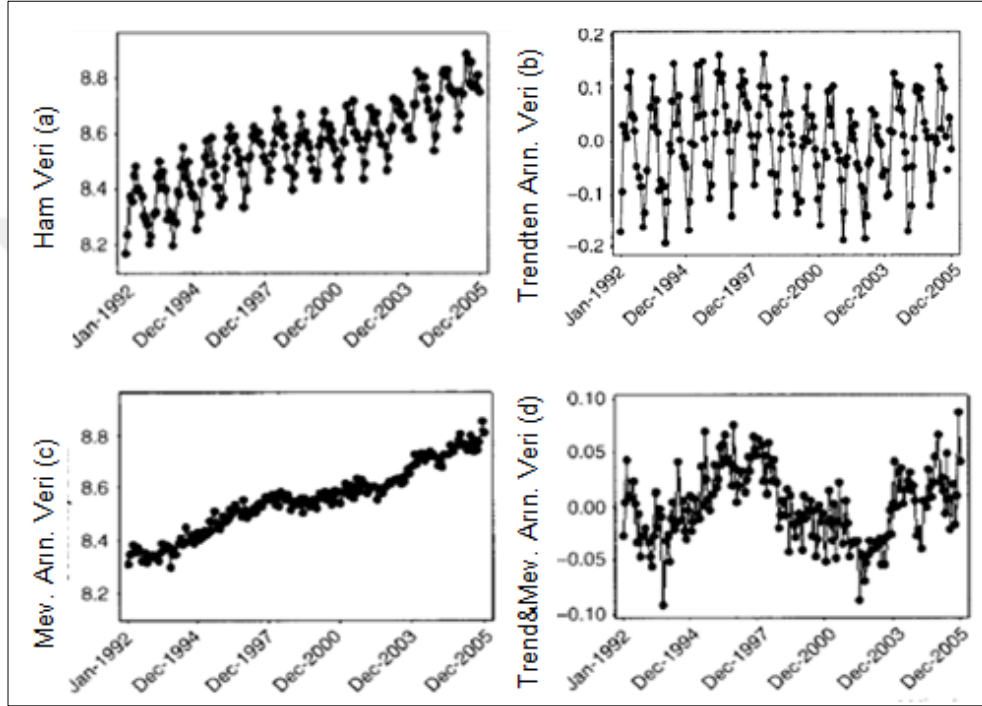
İki farklı veride tahmin hatalarının kıyaslanmasında MAPE sonucunun, RMSE, MAD ve ME hata sonucuna kıyasla daha anlamlı bilgi üreteceği belirtilmektedir. Lewis, MAPE değeri %10'un altında olan modelleri "çok iyi", % 10 ile % 20 arasında olan modelleri "iyi", % 20 ile % 50 arasında olan modelleri "kabul edilebilir" ve % 50'nin üzerinde olan modelleri ise "yanlış ve hatalı" olarak sınıflandırmaktır(Çuhadar, Kayacan, 2005).

3.2.3.3. Zaman Verilerinin Modellerinin Uygulama Adımları

Zaman serileri analizi, modellenmesi ve tahminindeki adımlar (Montgomery, 2008);

- 1- Zaman serileri görselleştirerek, veride trend etkisi, mevsimsellik durumu yada veriye etki eden farklı bir durum olup olmadığı kontrol edilir. Şekil 3.7 (a) grafiğinde veride mevsimsellik ve trend olduğu görülmektedir.
- 2- Serideki trend etkisini yada mevsimsellik durumunu ortadan kaldırmak için yani durağan hale getirmek için eğri giydirme, fark alma, filtreleme vb işlemler uygulanır. Şekil 3.7 (b) grafiğinde serinin trend etkisinden arındırıldığı, Şekil 3.7 (c) grafiğinde trend etkisinden arındırılmış serinin mevsimsellik etkisinden de arındırıldığı görülmektedir.
- 3- Mevsimsellikten ve trend etkisinden arındırılmış olan seri için olası modeller oluşturulur.
- 4- Modellen uygunluğu değerlendirilir.
- 5- Seriyeye transformasyon işlemi uygulanmışsa veri tekrar orjinal hale getirilir ve tahmin orjinal seriyeye göre yapılarak kontrol edilir.

- 6- Tahmin sonrasında tahmin hataları ölçümü yapılır ve modelin performansı değerlendirilir.



Şekil 3.7. Zaman Serileri Analizi Adımları Örneği (Montgomery, 2008)

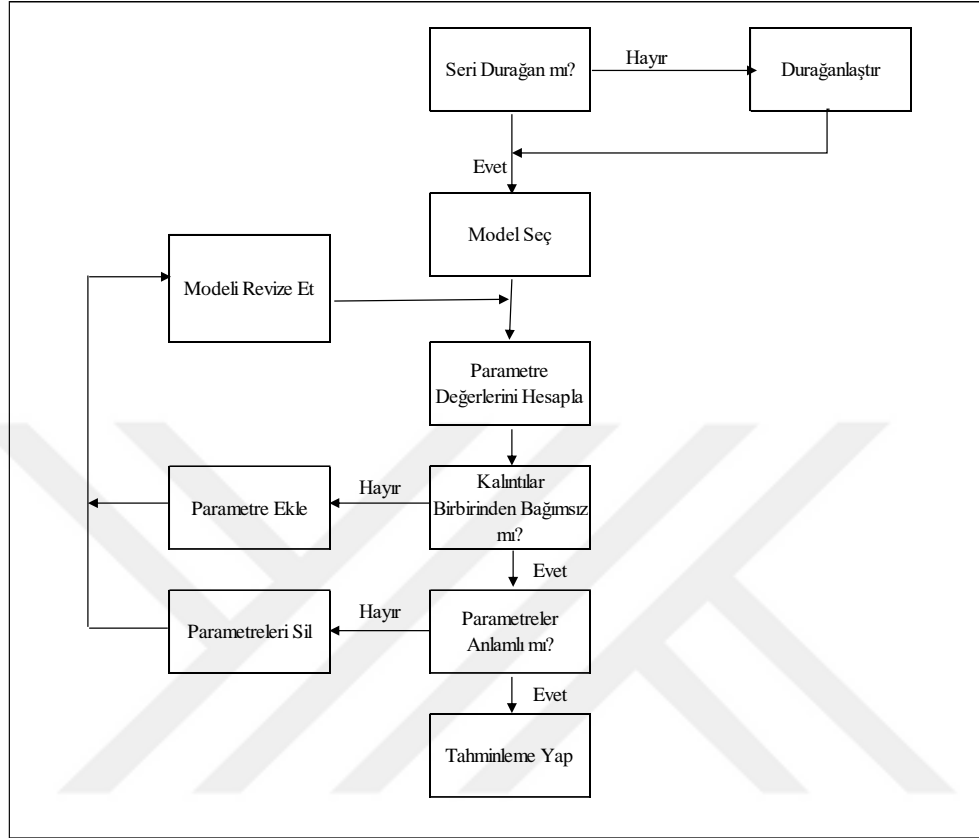
3.2.3.4. Zaman Serileri Analizinde ARIMA Modeli

Otoregresif düzeltilmiş hareketli ortalama (ARIMA) modelleri gelecek gözlemlerin tahmini için tek değişkenli zaman serisine uygulanabilir. ARIMA modeli Box-Jenkins yapmış olduğu çalışmadan tanımlamalar ve uygun model seçimi için geliştirdiği metot sayesinde en yaygın kullanılan analiz araçlarından biri olmuştur.

ARIMA modelleri, geçmiş verilere dayalı durağan stokastik proses teorisi ve kesin tahmin prosedürü arasında bir sentez oluşturmaktadır (Eatwell, Milgate ve Newman, 1990). Box Jenkins modelleri kesikli ve doğrusal stokastik verilerin

analizinde kullanılır. Otoregresif (AR) ve hareketli ortalama (MA) modelleri ve bu ikisinin birleşimi olan (ARMA) modeller durağan verilere uygulanırken otoregresif düzeltilmiş hareketli ortalama (ARIMA) modelleri durağan olmayan serilere uygulanabilir. ARIMA modelleri ARMA modellerini de kapsamaktadır. ARIMA Metodu dört aşama ile veri analizi yaparak tahmin sonucu üretmektedir. Şekil 3.8’de ARIMA yöntemi algoritması gösterilmektedir (Box, ve ark., 2015);

1. Belirleme; trende sahip durağan olmayan verilerin fark işlemi yapılarak durağan hale getirilmesi ile geçici bir model tanımlamaktır.
2. Hesaplama; ARIMA sürecindeki parametreler bilgisayar yardımı ile hesaplanır.
3. Uygunluk testi; geçici model oluşturduktan ve parametre hesaplamasından sonra artık değerlerin parametrelerinde anlamlı ve ilişkiyel bir durum olup olmadığı kontrol edilir. Kalıntı değerler arasında kabul edilmeyen bir anlamlılık düzeyi mevcutsa model kabul edilmez ve bir önceki işlem tekrar edilir.
4. Tahmin; uygun model bulunduğu takdirde tahmin sonucu yapılarak her bir tahmin noktası için çıkan sonuçların güven aralığı içinde olup olmadığı kontrol edilebilir.



Şekil 3.8. ARIMA, Box-Jenkins Yöntemi Algoritması (Box, ve Ark.,2015)

3.2.3.4.(1) Hareketli Ortalama Modeli (MA)

Zaman verisinin q gecikmeli hata değeri aynı dönemdeki hata değerini etkiliyorsa hareketli ortalama süreci belirlenir. Regresyon modelinin aksine MA modeli geçmiş verileri kullanmak yerine tahmin hatalarını regresyon modelindeki gibi kullanmaktadır. MA modelleri içerdikleri geçmiş dönem hata terimi sayısına göre isimlendirilirler. Eğer modelde bir tane geçmiş dönem hata terimi varsa birinci, iki tane varsa ikinci ve genel olarak q tane varsa q 'uncu mertebeden MA modelleri olarak isimlendirilirler $MA(q)$ 3.30'daki eşitlikteki gibi ifade edilir(Akgül,2013).

$$Y_t = \mu + e_t - \omega_1 e_{t-1} - \omega_2 e_{t-2} - \dots - \omega_q e_{t-q} \quad (3.30)$$

Burada, Y_t , t dönemindeki gerçek değerini, μ , sabit ortalama değerini, $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$, katsayı değerlerini, e_t , t dönemindeki hata değerini, $e_{t-1}, e_{t-2}, \dots, e_{t-q}$, Y_t değerini oluşturan geçmiş dönem hata değerlerini ifade etmektedir.

3.2.3.4.(2) Otoregresif Model (AR)

AR modeli zaman serisinin belirli bir dönemi için geçmiş değerlerin doğrusal toplamı ve e_t gibi rasgele hatadan oluşan bir eşitliktir. AR modelleri içerdikleri geçmiş dönem gözlem değerleri sayısına göre isimlendirilirler. Yani bir AR modeli bir tane gözlem değeri içeriyorsa “birinci dereceden”, iki tane geçmiş dönem gözlem değeri içeriyorsa “ikinci dereceden” ve genel olarak, p tane geçmiş dönem gözlem değeri içeriyorsa p’inci dereceden AR modeli olarak isimlendirilir. AR(p) olarak adlandırılır 3.31’teki eşitlik ile ifade edilir (Hanke, Wichern, 2009).

$$Y_t = \Phi_0 + \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + e_t \quad (3.31)$$

Burada, Y_t , t dönemindeki gerçek değeri, $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$, geçmiş dönemdeki gerçekleşen değerleri, $\Phi_0, \Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_p$, katsayı değerini, e_t , t dönemindeki hata değerini ifade etmektedir.

3.2.3.4.(3) Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli (ARMA)

Durağan zaman serilerinin hem hareketli ortalama (MA) hem de otoregresif (AR) modeli özellikleri sergilediğinde oluşturulacak model Otoregresif Hareketli Ortalama Modeller (ARMA)’dir. p dereceden AR ve q dereceden MA modellerinin birleşimi ile ARMA(p,q) modeli oluşturulur. ARMA (p,q) modeli 3.32’deki eşitlik ile gösterilir (Brockwell, Richard, 2002).

$$Y_t = \Phi_0 + \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + e_t - \omega_1 e_{t-1} - \omega_2 e_{t-2} - \dots - \omega_q e_{t-q} \quad (3.32)$$

3.2.3.4.(4) Otoregresif Düzeltilmiş Hareketli Ortalama Modeli: ARIMA(p,d,q)

Zaman serilerinin çoğu sabit bir ortalamaya sahip olmayan yani durağanlıktan uzak bir davranış sergilemektedir. ARMA modeli durağan modeller için kullanılan modeller arasındadır. Zaman verileri sabit bir ortalama değere sahip değilse ve zamana bağlı stokastik süreçlerin değişmekteyse düzeltme süreci devreye girer. ARIMA(p,d,q) modeli, durağan olmayan verilere durağanlık dönüşümü yapılmış AR ve MA modellerinin birleşmesinden oluşur (Ender, 2004).

Bu modelde ARMA(p,q) modelinde kullanılan gözlem değerleri yerine verinin farkının alınmış olduğu değerler kullanılır. İki gözlem noktası arasındaki fark alınarak veri durağan hale getirilir ve tahminle süreci farkı alınmış seri üzerinden uygulanır. ARIMA 3.33'deki eşitlik ile gösterilmektedir. Eşitlikte d fark alma derecesi, B ise geri alma operatörü olarak belirlenmektedir.

$$\Delta^d Y_t = (1-B)^d Y_t \quad (3.33)$$

3.2.3.4.(6) Otokorelasyon fonksiyonu (ACF)

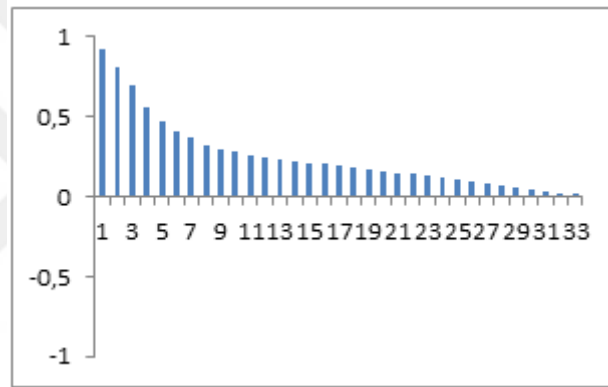
Otokorelasyon katsayısı; gecikme k iken hesaplanan kovaryansın, varyansa bölümüdür. Gecikme k iken otokorelasyon katsayısı ρ_k ile gösterilir. Trend etkisinin belirlenmesi için gecikme değerinin (k) en az 10, mevsimsellik etkisinin belirlenmesi için gecikme değerinin (k) en az 24 olması gerekmektedir (Akdağ, 2015). Kovaryansı γ_k ile örneklem varyansını γ_0 ile gösterelim. Eşitlik 3.34'ün Eşitlik 3.35'e oranı ile otokorelasyon katsayısı, Eşitlik 3.36 elde edilir (Cryer, Chan, 2008).

$$\gamma_k = \sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})/n \quad (3.34)$$

$$\gamma_0 = \sum (Y_t - \bar{Y})^2/n \quad (3.35)$$

$$\rho_k = \gamma_k / \gamma_0 \quad (3.36)$$

Her korelasyon katsayısı gibi bu katsayı da -1 ile +1 arasındadır. Eğer ρ_k 'nın k gecikme değerine göre grafiğini çizersek otokorelasyon fonksiyonunu elde ederiz. Bu çizim bize durağanlık hakkında bilgi sağlar. İlk değerden sonra serinin ilerleyişi, serinin durağanlığı hakkında fikir sahibi olmamızı sağlar. Şekil 3.9'da örnek bir durağan olmayan verinin ACF grafiği görselleştirilmiştir. Yatay eksen gecikme değerini, dikey eksen ACF değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 3.9. Otokorelasyon Fonksiyonu Değerleri

Otokorelasyon fonksiyonlarından görsel olarak yararlanılabildiği gibi hipotez testleri ile de sınanabilir. Otokorelasyon katsayısı bütünüyle beyaz gürültü serisi gibi davranıyorsa; örneklem otokorelasyon katsayıları, n örneklem büyüklüğü olmak üzere, sıfır ortalama ve $1/n$ varyansla normal dağılıma uyar. Eşitlik 3.37'de otokorelasyon katsayılarının normal dağılıma uyduğundaki durum ifade edilmektedir. Zaman serisi durağan bir özellik sergiliyorsa; ρ_k fonksiyonu simetriktir. $\rho_k = \rho_{-k}$, $|\rho_k| \leq 1$ $\forall k$ için $\rho_0 = 1$ 'dir.

$$\rho_k \approx N(0, 1/\sqrt{n}) \quad (3.37)$$

3.2.3.4.(7) Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu (PACF)

Otoregresif serilerde model belirlenmesinde ACF yetersiz kalmakta ve tam açıklayıcı olmamaktadır. Otokorelasyon fonksiyonunun yanında kısmi otokorelasyon fonksiyonu da ilk model için başlangıç desteği oluşturmaktadır. Serinin (Y_t), regresyon denkleminde bulunan X_{t-k} teriminin katsayısı k 'ncı kısmi otokorelasyon olarak tanımlanır. Eşitlik 3.38'da kısmi otokorelasyon ifade edilmektedir. Eşitlik sonucunda birinci kısmi otokorelasyon; $P_1 = \rho_1$ ulaşılır. Bir zaman verisinin ACF ve PACF ilk terimleri birbirine eşittir. Birinci, ikinci ve k 'ncü PACF terimi Eşitlik 3.39'dan faydalanılarak hesaplanır (Box, ve Ark., 2015).

$$P_k = \frac{\begin{bmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \dots & \rho_1 & \rho_k \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_{k-2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \dots & \rho_1 & 1 \end{bmatrix}} \quad (3.38)$$

3.2.3.4.(8) Zaman Verilerinde ARIMA Model Kurma

Zaman serilerinde seçilecek model, sonuçları direk etkileyen bir süreç olduğu için uygun model oluşturulması önem arz etmektedir. Model kurulumunda belirleyici araçlar mevcuttur ve bu araçlar model kurulumda yönlendirici özelliğe sahiptir.

ACF ve PACF sonuçları model oluşturmak için bir öngörü sağlamaktadır. Model oluşturulması ile ilgili bir başlangıç noktası vermektedir. Durağan bir zaman serisi için ACF ve PACF değerlerinin teorik davranışları Çizelge 3.8'de verilmiştir. Durağan ve durağan olmayan modellerde ACF ve PACF davranışları farklılaşmaktadır. ACF ve PACF Davranışları'nda ARIMA modelinin bazı modelleri için oluşabilecek ACF ve PACF davranışları görselleştirilmiştir (Ek 1). Modelin geçici parametre belirlenmesinde otokorelasyon katsayıları kullanılır.

Geçici model, bir başlangıç noktası oluşturur. Ayrıca hata karelerinin toplamını göz önünde bulunduran çeşitli model kriterleri model seçim sürecine destek olmaktadır. Kullanılan kriterler, “Akaike Bilgi Kriteri” (Akaike Information Criterion – AIC) ve “Schwartz Bayes Kriteri” (Schwartz Bayesian Criterion – SBC) dir (Paul, ve ark., 2013).

Çizelge 3.8. Durağan Zaman Verilerinde ACF ve PACF Davranışları (Akgül 2003)

Model	Otokorelasyon Fonksiyonu	Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu
AR(p)	Üstel şekilde yada sinüs dalgaları şeklinde azalma gösterir.	p kadar gecikmenin ardından istatistiksel olarak anlamlı değildir.
MA(q)	q kadar gecikmenin ardından sıfır noktasını keser.	Üstel şekilde ya da sinüs dalgaları şeklinde azalma gösterir.
ARMA(p,q)	Üstel şekilde yada sinüs dalgaları şeklinde azalma gösterir. p-q kadar gecikmenin ardından sıfır noktasını keser.	Üstel şekilde ya da sinüs dalgaları şeklinde azalma gösterir. p-q kadar gecikmenin ardından sıfır noktasını keser.

3.2.3.4.(8) (a) Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criterion – AIC)

Akaike tarafından geliştirilen AIC çıktılarına göre farklı modellerin birbiri ile kıyaslanmasına olanak sağlamaktadır. AIC eşitliği ile hesaplama yapılması sonrasında AIC değeri en düşük olan p değeri gecikme uzunluğu olarak değerlendirilmektedir.

AIC sonucu tek başına bir anlam ifade etmemekle birlikte farklı modeller arasında bir sıralama yapmak için kullanılmaktadır (Snipes, 2014). AIC formülü, M modelin parametre sayısı, $M=p+q+1$ olmak üzere 3.39’teki eşitlikte verilmektedir.

$$AIC = -2\log(L) + 2k \quad (3.39)$$

Burada k parametre sayısı, L =benzer (likelihood)'liği olarak ifade edilmektedir.

3.2.3.4.(8) (b) Schwartz Bilgi Kriteri (Schwartz Information Criterion – SIC)

Schwartz tarafından geliştirilen SIC, AIC gibi model seçiminde kullanılmaktadır. Kullanılan modellerde parametre eklendikçe aşırı uyma eğilimi göstermektedir. Bu eğilimden dolayı model çok uygun görünse bile tahmin sonuçları yanlış ve hatası yüksek çıkmaktadır. SIC modeli AIC modeline göre kullanılan her bir fazla parametreyi daha fazla cezalandırarak değerlendirmektedir (Hirose ve ark., 2011). SIC modeli 3.40'deki eşitlikten de görüleceği üzere AIC modeline göre logaritması alınmış bir parametre değeri hesaplanmıştır. SIC değeri de AIC değeri gibi en düşük değere sahip olan model en uygun model olarak değerlendirilmektedir. Çalışmada AIC yönteminin fazla parametre kullanımından doğabilecek tahmin yanlışlığından dolayı SIC değeri model seçiminde kullanılmaktadır.

$$SIC = -2\log(L) + k \log(n) \quad (3.40)$$

Burada k sabit terim dâhil parametre sayısı, n örneklem sayısını, L =benzer (likelihood)'liği olarak ifade edilmektedir.

3.2.3.5. Holt Üstel Düzeltme Yöntemleri

Üstel düzeltme yöntemlerinde zaman verilerinin geçmiş dönem verilerine düşük önem verilirken yakın dönemdeki verilere fazla önem verilmektedir. Zaman verisinin karakteristiği tahmin için kullanılacak olan üstel düzeltme yönteminin de değışmesine neden olmaktadır. Holt Winter(HW) yöntemi, üç farklı düzeltme parametresi ile verinin ortalamasına, eğimine ve mevsimsel bileşenlerini tahmin etmekte kullanılmaktadır (Hanke, Wichern,2009).

Holt-Winter yöntemi verinin varyans ölçüsüne bağlı olarak farklı iki türde tahmin yapmaktadır. Zaman verisi varyansı zamanla değişiyorsa çarpımsal, sabitse toplamsal HW yöntemi kullanılmaktadır (Temuçin, Temiz, 2016). Şekil 3.10'de Pegel'in yaptığı sınıflandırma üzerinden zaman verisi karakteristiğine göre HW modelleri uygulanabilmektedir.

	1 <i>Mevsimsellik Yok</i>	2 <i>Toplamlı Mevsimsellik</i>	3 <i>Çarpımlı Mevsimsellik</i>
A <i>Trend Yok</i>			
B <i>Toplamlı Trend</i>			
C <i>Çarpımlı Trend</i>			

Şekil 3.10. Pegel'in HW Sınıflandırması (Bulut, 2006)

Örneğin A-1 hücresi Tek Üssel Düzeltme Yöntemi'ni, B-1 hücresi Holt'un Doğrusal Yöntemi'ni, B-2 hücresi Holt-Winters Toplamlı Mevsimsellik Yöntemi'ni, B-3 hücresi ise Holt-Winters Çarpımsal Mevsimsellik Yöntemi'ni belirtmekte ve hesaplamalarda bu yöntemlere ait eşitlikleri kullanılması gerektiğini göstermektedir (Bulut, 2006). Çizelge 3.9'da her bir hücre için kullanılacak HW yöntemleri eşitlikleri verilmiştir. Şekil 3.10'da görselleştirilmiş olan veri karakteristiklerine göre Çizelge 3.9'daki eşitlikler kullanılmaktadır.

Çizelge 3.9. Seri Davranışlarına göre Holt-Winter Formülleri

Mevsimsellik Trend	Mevsimsellik Yok	Toplamlı Mevsimsellik	Çarpımlı Mevsimsellik
Trend Yok	$F_{t+h t}=L_t$ $L_t=\alpha Y_t+(1-\alpha)L_{t-1}$	$F_{t+h t}=L_t+S_{t+h-m(k+1)}$ $L_t=\alpha(Y_t-S_{t-m})+(1-\alpha)L_{t-1}$ $S_t=\gamma(Y_t-L_{t-1})+(1-\gamma)S_{t-m}$	$F_{t+h t}=L_tS_{t+h-m(k+1)}$ $L_t=\alpha(Y_t/S_{t-m})+(1-\alpha)L_{t-1}$ $S_t=\gamma(Y_t/L_{t-1})+(1-\gamma)S_{t-m}$
Toplamlı Trend	$F_{t+h t}=L_t+hT_t$ $L_t=\alpha Y_t+(1-\alpha)(L_{t-1}+T_{t-1})$ $T_t=\beta(L_t-L_{t-1})+(1-\beta)T_{t-1}$	$F_{t+h t}=L_t+hT_t+S_{t+h-m(k+1)}$ $L_t=\alpha(Y_t-S_{t-m})+(1-\alpha)(L_{t-1}+T_{t-1})$ $T_t=\beta(L_t-L_{t-1})+(1-\beta)T_{t-1}$ $S_t=\gamma(Y_t-L_{t-1}-T_{t-1})+(1-\gamma)S_{t-m}$	$F_{t+h t}=(L_t+hT_t)S_{t+h-m(k+1)}$ $L_t=\alpha(Y_t/S_{t-m})+(1-\alpha)(L_{t-1}+T_{t-1})$ $T_t=\beta(L_t-L_{t-1})+(1-\beta)T_{t-1}$ $S_t=\gamma(Y_t/L_{t-1}-T_{t-1})+(1-\gamma)S_{t-m}$
Çarpımlı Trend	$F_{t+h t}=L_t+\Phi_h T_t$ $L_t=\alpha Y_t+(1-\alpha)(L_{t-1}\Phi T_{t-1})$ $T_t=\beta(L_t-L_{t-1})+(1-\beta)\Phi T_{t-1}$	$F_{t+h t}=L_t+\Phi_h T_t+S_{t+h-m(k+1)}$ $L_t=\alpha(Y_t-S_{t-m})+(1-\alpha)(L_{t-1}\Phi T_{t-1})$ $T_t=\beta(L_t-L_{t-1})+(1-\beta)\Phi T_{t-1}$ $S_t=\gamma(Y_t-L_{t-1}\Phi T_{t-1})+(1-\gamma)S_{t-m}$	$F_{t+h t}=(L_t+\Phi_h T_t)S_{t+h-m(k+1)}$ $L_t=\alpha(Y_t/S_{t-m})+(1-\alpha)(L_{t-1}\Phi T_{t-1})$ $T_t=\beta(L_t-L_{t-1})+(1-\beta)\Phi T_{t-1}$ $S_t=\gamma(Y_t/L_{t-1}\Phi T_{t-1})+(1-\gamma)S_{t-m}$

3.2.3.5.(1) Holt Doğrusal Yöntemi (HLM)

HLM üstel düzeltme yönteminin geliştirilmiş halidir. Bu yöntemde biri temel düzey, diğeri eğilim değerlerini hesaplamak için iki farklı düzeltme parametresi kullanılmaktadır (Tratar, Strmcnik, 2016). Eşitlik 3.41 ve Eşitlik 3.42 kullanılarak Eşitlik 3.43 hesaplanmaktadır. Mevsimsellik parametresi Eşitlik 3.43’de dahil değildir.

$$L_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(L_{t-1}+T_{t-1}) \quad (3.41)$$

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (3.42)$$

$$F_{t+m} = L_t + m T_t \quad (3.43)$$

Burada, α ve β , 0 ile 1 arasında değişen düzeltme parametreleri, m tahmini yapılacak gelecek döneme ait değeri, L_t , t dönemi için temel değeri, Y_t , t

dönemdeki gözlem değerini, T_t , t dönemdeki eğilim değerini, F_t , t dönemi için tahmin değerini ifade etmektedir.

3.2.3.5.(2) Holt-Winter (HW) Yöntemi

HW yöntemi, sadece trend değil aynı zamanda mevsimsellik durumunu da modeline dahil etmektedir(Brokwel,2002). Eşitlik 3.44-3.47'de Toplamsal Holt-Winter hesaplama denklemi verilmiştir.

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.44)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3.45)$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (3.46)$$

$$F_{t+m} = L_t + T_t m + S_{t-s+m} \quad (3.47)$$

Burada, $[0,1]$ aralığında değişen α temel düzeyi, β eğim, γ mevsimsellik düzleştirme parametreleridir. m tahmini yapılacak gelecek döneme ait değeri, s mevsimsellik uzunluğu, Y_t ise t anındaki gözlem değerini L_t , t dönemi için temel değeri, T_t , t dönemdeki eğilim değerini, S_t , t dönemdeki mevsimsellik değerini, F_t , t dönemi için tahmin değerini ifade etmektedir. Eşitlik 3.48-3.51'de Çarpımsal Holt-Winter hesaplama denklemi verilmiştir. Toplamsal ve Çarpımsal HW yöntemleri, verinin varyans değişikliği durumuna göre kullanılmaktadır.

$$L_t = \alpha(Y_t / S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.48)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3.49)$$

$$S_t = \gamma (Y_t/L_t) + (1-\gamma) S_{t-s} \quad (3.50)$$

$$F_{t+m} = (L_t + T_t m) S_{t-s+m} \quad (3.51)$$

3.2.4. Karar Destek Sistem Tasarımı

Çalışmada karar destek sistemi, talep tahmini süreçlerinde çözüm üretmesi için oluşturulmuştur. Karar destek sistemi, excel ortamında kullanıcı dostu olacak ve programın çalıştığı tüm platformlarda çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Karar destek sisteminin amacı sadece talep tahmin sonuçları üretmek ve kullanıcıya bilgi vermek değil aynı zamanda kullanıcının da sonuçları değerlendirebileceği kendi modellerini oluşturmasına ve farklı modellerin aynı anda karşılaştırılabildiği bir ortam sağlamaktır. Karar destek sistemi, 3 ana başlık altında toplanmaktadır.

- Veri girişinin yapıldığı ve optimizasyonun çalıştırıldığı bölüm; veri girişi sonrasında Günlük, Haftalık ve Aylık Periyot seçimi yapılır ve Tahmin Yap tuşu kullanılarak karar destek sisteminin sonuçları hesaplaması sağlanır.

Holt-Winter Modeli Karar Destek Programı
En Düşük MAPE Değerine Göre Parametre Hesaplaması yapmaktadır.

Alpha	0-1 Değer Arasındaki Temel Katsayısı		
Beta	0-1 Değer Arasındaki Eğim katsayısı		
Gama	0-1 Değer Arasındaki Mevsimsellik Katsayısı		

Periyot	Aylık Dönem	Periyot	Günlük Dönem Haftalık Dönem Aylık Dönem
Veri			

0. [Veri Girişi ve Tahminleme Yapma](#)
1. [Tahmin Sonuçları](#)
2. [Parametre Kıyaslamaları](#)
3. [Fırlı ve Tahmini Talep Grafiği](#)
4. [Talep Tahminleri Grafiği](#)
5. [Parametre Değişiminin MAPE Değerine Etkisi](#)
6. [Alpha Parametre Değişimi Duyarlılık Grafiği](#)
7. [Beta Parametre Değişimi Duyarlılık Grafiği](#)
8. [Gama Parametre Değişimi Duyarlılık Grafiği](#)

Tahmin Yap

Verileri Temizle

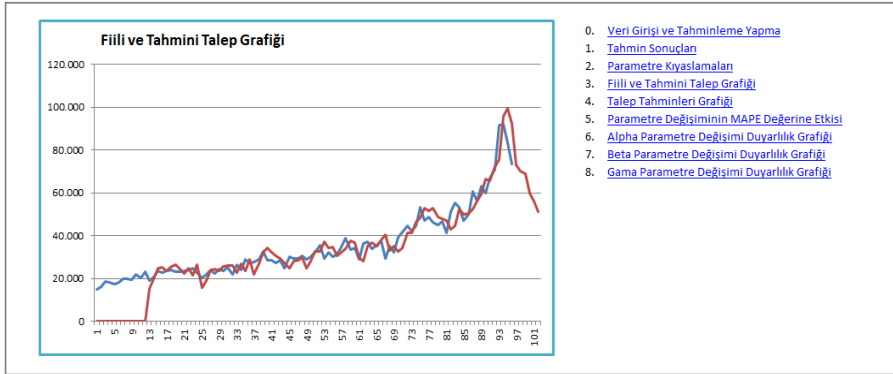
Şekil 3.11. Karar Destek Sistemi Veri Girişi ve Tahminleme Yapma Bölümü

- Tahmin sonuçlarının gösterildiği ve karşılaştırıldığı bölümler; Şekil 3.11’de tahminleme sonucunda en iyi MAPE değerine sahip 6 dönemlik tahmin sonuçları ile kullanıcı tarafından oluşturulan 2 farklı modelin sonuçlarının görülmesi sağlanmaktadır. Şekil 3.12’de gerçekleşen değerler ile tahmin edilen değerlerin zaman verisi grafiği ile gösterilerek görsel olarak karşılaştırılması sağlanmaktadır. Şekil 3.13’de Şekil 3.11’de üretilen 3 farklı modelin tahmin sonuçlarının görsel olarak karşılaştırılması sağlanmaktadır.

Tahmin Sonuçları			
Tahmin	En İyi Çözüm	Model 2	Model 3
1. Tahmin	73.224	74.092	73.252
2. Tahmin	70.207	72.500	71.582
3. Tahmin	68.772	72.757	72.593
4. Tahmin	59.839	62.402	60.180
5. Tahmin	55.910	58.592	55.260
6. Tahmin	50.987	52.043	45.674

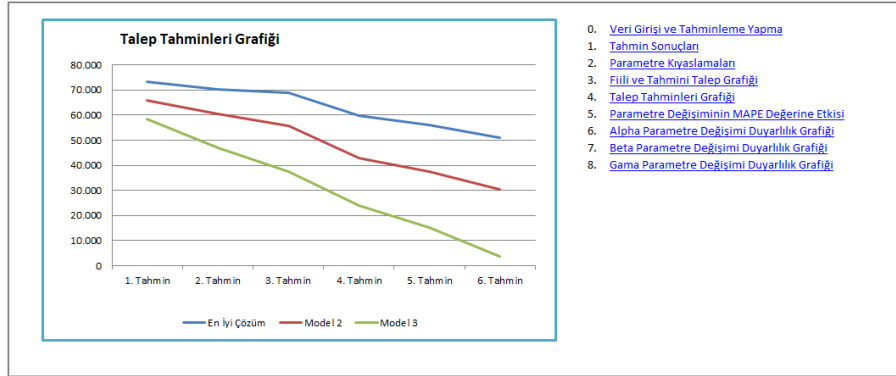
- [Veri Girişi ve Tahminleme Yapma](#)
- [Tahmin Sonuçları](#)
- [Parametre Kıyaslamaları](#)
- [Fiili ve Tahmini Talep Grafiği](#)
- [Talep Tahminleri Grafiği](#)
- [Parametre Değişiminin MAPE Değerine Etkisi](#)
- [Alpha Parametre Değişimi Duyarlılık Grafiği](#)
- [Beta Parametre Değişimi Duyarlılık Grafiği](#)
- [Gamma Parametre Değişimi Duyarlılık Grafiği](#)

Şekil 3.12. Karar Destek Sistemi Tahmin Sonuçları Bölümü



- [Veri Girişi ve Tahminleme Yapma](#)
- [Tahmin Sonuçları](#)
- [Parametre Kıyaslamaları](#)
- [Fiili ve Tahmini Talep Grafiği](#)
- [Talep Tahminleri Grafiği](#)
- [Parametre Değişiminin MAPE Değerine Etkisi](#)
- [Alpha Parametre Değişimi Duyarlılık Grafiği](#)
- [Beta Parametre Değişimi Duyarlılık Grafiği](#)
- [Gamma Parametre Değişimi Duyarlılık Grafiği](#)

Şekil 3.13. Karar Destek Sistemi Fiili ve Tahmin Görsel Karşılaştırma Bölümü

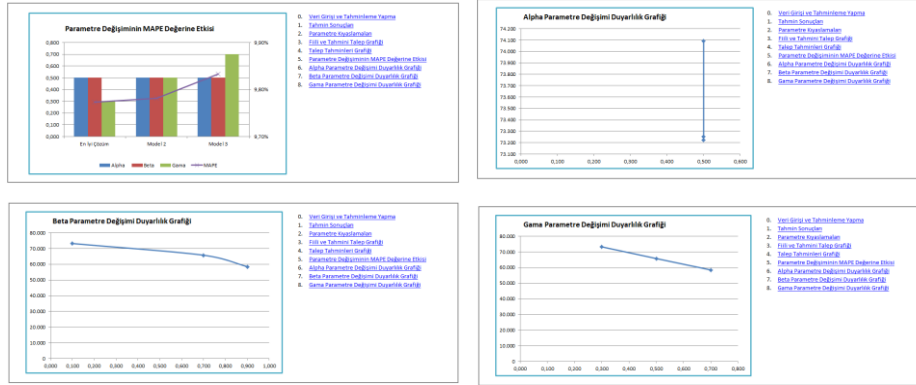


Şekil 3.14. Karar Destek Sistemi Talep Tahmin Değerleri Karşılaştırma Bölümü

- Parametrelerin kıyaslandığı ve parametrelerin tahmin sonuçlarına etkisinin değerlendirildiği bölümler; Şekil 3.14'de karar destek sistemi tarafından önerilen en iyi çözümün parametre değerleri ve hata kriterleri ile kullanıcı tarafından oluşturulan modellerin kıyaslanması sağlanmaktadır. Şekil 3.15'de modellerdeki parametre değişiminin MAPE hata kriteri üzerindeki değişiklikleri ayrıca Alpha, Beta ve Gama parametrelerindeki değişimlerin talep tahmini üzerindeki etkilerinin gösterilmesi sağlanmaktadır.

Parametre	En İyi Çözüm	Model 2	Model 3
Alpha	0,500	0,500	0,500
Beta	0,500	0,500	0,500
Gama	0,300	0,500	0,700
MAPE	9,77%	9,78%	9,83%
RMSE	5.081	5.082	5.284
MAD	3.634	3.687	3.752

Şekil 3.15. Karar Destek Sistemi Parametre Kıyaslamaları Bölümü



Şekil 3.16. Karar Destek Sistemi Parametre Etkileri

Karar destek sisteminde yer alan analizler listelenmiştir;

- Modellerin tahmin hata değerleri, MAPE, RMSE ve MAD tablosu,
- Parametre değişiminin MAPE değeri üzerine etkisi,
- Üç farklı modelin talep tahminleri,
- Gerçekleşen ve Tahmin edilen miktar,
- Alfa değişiminin talep tahminine etkisi, duyarlılık durumu,
- Beta değişiminin talep tahminine etkisi, duyarlılık durumu,
- Gama değişiminin talep tahminine etkisi, duyarlılık durumu

3.2.4.1. Parametre Optimizasyonu

Karar destek sisteminde en uygun modelin ve modelde yer alan parametre seçimi için bir optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Karar değişkenleri olarak farklı yöntemlerde yer alan α , β ve γ düzeltme parametreleri seçilmiştir. Oluşturulan modelin amaç fonksiyonu Eşitlik 3.52'de gösterildiği gibi MAPE hata değerini minimize etmektir.

$$\text{Min } Z = \frac{100}{n} \left[\sum_{t=1}^n \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right] \quad (3.52)$$

$$0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1, 0 \leq \gamma \leq 1, \quad (3.53)$$

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.54)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3.55)$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (3.56)$$

$$F_t = L_t + T_t + S_t \quad (3.57)$$

Burada, α , β ve γ 0 ile 1 arasında değişen düzeltme parametreleri, F_t , Tahmin değerini, Y_t , t dönemdeki gözlem değerini, L_t , t dönemi için temel değerini, T_t , t dönemdeki eğilim değerini, S_t , t dönemindeki mevsimsellik değerini ifade etmektedir. Eşitlik 3.53'de parametreler 0-1 aralığında değerler alarak diğer kısıtlar için değer oluşturmaktadır. Eşitlik 3.54'de α parametresi kullanılarak baz değer oluşturmakta, Eşitlik 3.55'de β parametresi kullanılarak trend değeri oluşturmakta, Eşitlik 3.56'de γ parametresi kullanılarak mevsimsel değeri oluşturmakta ve toplamları ile Eşitlik 3.57'de tahmin değeri üretilmektedir. Eşitlik 3.52 amaç fonksiyonunda hata değeri hesaplanmakta, aynı süreç t dönem devam etmektedir. Parametreler 0-1 değer aralığında değiştirilerek hata değerini minimize eden en uygun parametreler elde edilmektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışma kimya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin, zaman verisi tahmin modellerinden ARIMA ve Holt-Winter yöntemlerini kullanarak Ocak 2011 ve Aralık 2018 dönemi arasındaki talep miktarlarının yer aldığı 96 aylık veri seti ile satışlarını tahmin etmeyi ve en doğru tahmin sonucunu sağlayan karar destek sistemi oluşturmayı amaçlamaktadır. ABC-XYZ analizi sonucuna göre belirlenen ve A ve X grubunda yer alan ürünler için ARIMA ve Holt-Winter yöntemi ile talep tahmini yapılacak iki yöntemin sonuçları Ortalama Mutlak Yüzde Hata Oranı(MAPE), Ortalama Hata Karesinin Kökü(RMSE) ve Ortalama Mutlak Hata(MAD) tahmin performans araçları ile karşılaştırılacaktır.

32 farklı ürün için 2018 yılı 12 aylık satış miktarı baz alınarak Ekler bölümünde, Varyasyon Katsayısı Hesaplamaları'nda (Ek 2), varyasyon katsayısı sonuçları ve ABC-XYZ Analizi'nde(Ek 3), ABC-XYZ analizi sonuçları gösterilmiştir. Çizelge 4.1'de belirtildiği üzere A ve X grubuna dahil olan Ürün A1, Ürün A2, Ürün B1 ve Ürün B2 için analiz ve çalışma yapılmıştır.

Çizelge 4.1. ABC-XYZ Analizi Ürün Dağılımları

	X	Y	Z
A	Ürün A1 Ürün B1 Ürün A2 Ürün B2	Ürün A3 Ürün B3 Ürün C1	
B		Ürün C2 Ürün D1 Ürün A4 Ürün D2	Ürün C3 Ürün A5
C	Ürün E1	Ürün E2 Ürün F1 Ürün G1 Ürün A6	Ürün B4 Ürün H1 Ürün G2 Ürün A7 Ürün G3 Ürün K1 Ürün F2 Ürün L1 Ürün M1 Ürün P1 Ürün S1 Ürün T1 Ürün D3 Ürün Y1

4.1. Veri Analizi

A ve X grubunda yer alan Ürün A1, Ürün A2, Ürün B1 ve Ürün B2 ürünleri için 96 aylık talep miktarları ile veri analizi yapılmıştır. Veriler; tanımlayıcı istatistik ve zaman verisi grafiği araçları ile incelenmiştir.

Öncelikle Ürün A1, Ürün A2, Ürün B1 ve Ürün B2 talep miktarlarının mevsimsellik durumu Kruskal-Wallis testi ile incelenmiştir. 4 farklı ürünün test değerleri, serbestlik derecesi 11 olan Ki-Kare değerlerinden düşük bir değerde olduğu için H_0 hipotezi kabul edilmiş ve verilerin mevsimsellik içermediği görülmüştür. Çizelge 4.2’de Eşitlik 3.24’ten faydalanılarak hesaplanan Kruskal Wallis test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kruskal-Wallis Mevsimsellik Testi

	Ki-Kare Değeri	10%	5%	1%
Ürün A1	7,371	19,68	21,92	24,72
Ürün A2	9,413	19,68	21,92	24,72
Ürün B1	14,477	19,68	21,92	24,72
Ürün B2	7,213	19,68	21,92	24,72

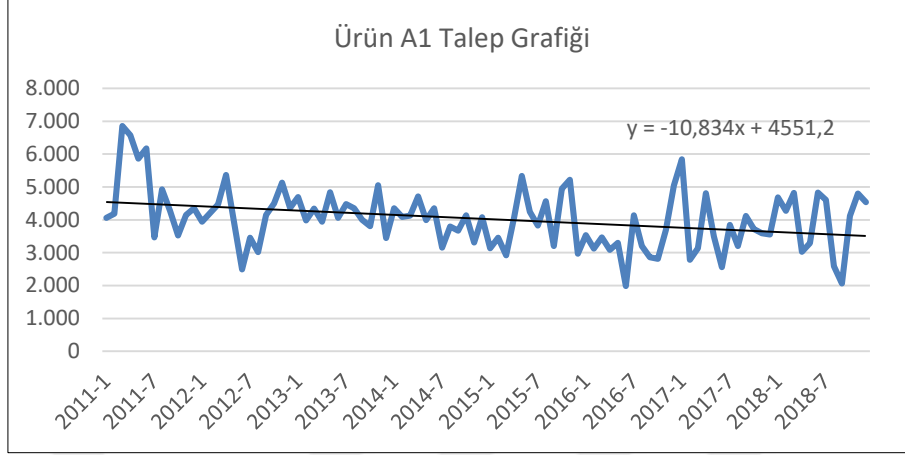
4.1.1. Ürün A1 İçin Veri Analizi

Çizelge 4.3'te Ürün A1 talep miktarı için tanımlayıcı istatistik analizi yapılmıştır. %95 güven aralığında talep miktarının 96 aylık veri içerisinde ortalaması 4026, standart sapması 900 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3. Ürün A1 İçin Tanımlayıcı İstatistik Değerleri

Ortalama	4026
Standart Hata	92
Ortanca	4067
Kip	4145
Standart Sapma	900
Örnekleme Varyans	810570
Basıklık	0,83
Çarpıklık	0,49
Aralık	4871
En Küçük	1983
En Büyük	6854
Toplam	386471
Toplam Sayı	96
Güvenirlilik Düzeyi(95,0%)	182

Ürün A1 verisinin Şekil 4.1'deki grafiği incelendiğinde lineer trend çizgisinin negatif yönde olduğu ancak veriyi aşırı yönlendirmediği görülmektedir. Veri durağanlığa yakın olmakla birlikte birim kök testleri sonucunda verinin durağanlığı kontrol edilecektir.



Şekil 4.1. Ürün A1 İçin Talep Grafiği

4.1.2. Ürün A2 İçin Veri Analizi

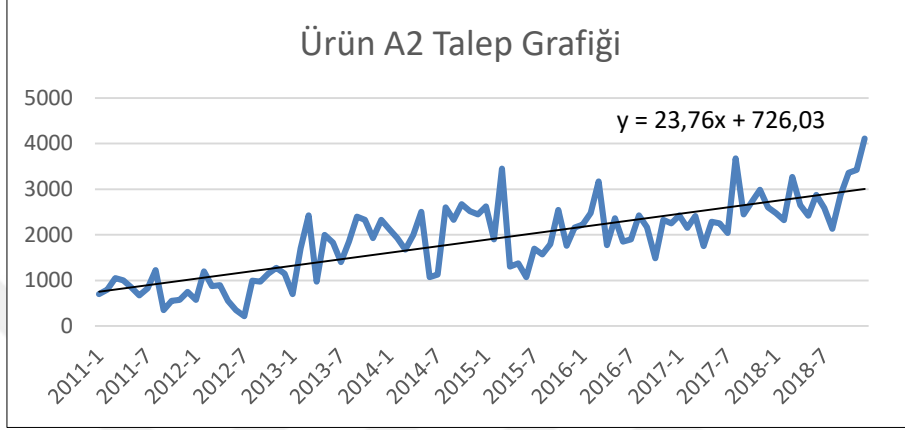
Çizelge 4.4'te Ürün A2 talep miktarı için tanımlayıcı istatistiksel analiz yapılmıştır. %95 güven aralığında talep miktarının 96 aylık veri içerisinde ortalaması 1777, standart sapması 829 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4. Ürün A2 İçin Tanımlayıcı İstatistik Değerleri

Ortalama	1777
Standart Hata	85
Ortanca	1775
Kip	2325
Standart Sapma	829
Örnekleme Varyansı	687083
Basıklık	-0,27
Çarpıklık	0,37
Aralık	3893
En Küçük	217
En Büyük	4110
Toplam	170624
Toplam Sayı	96
Güvenlilik Düzeyi(95,0%)	168

Ürün A2 verisinin Şekil 4.2'deki grafiği incelendiğinde lineer trend çizgisinin pozitif yönde olduğu görülmektedir. Trend etkisinden dolayı veri

durağanlıktan uzak bir görüntü sergilemekle birlikte birim kök testleri sonucunda verinin durağanlığı kontrol edilecektir.



Şekil 4.2. Ürün A2 İçin Talep Grafiği

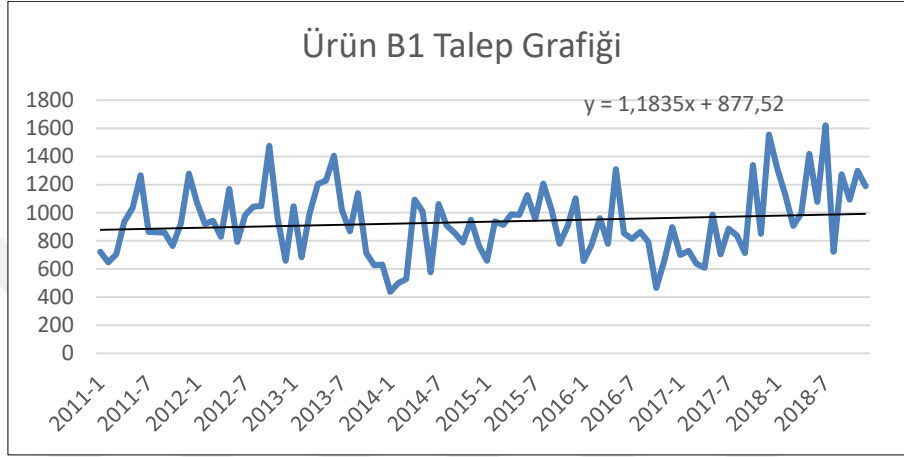
4.1.3. Ürün B1 İçin Veri Analizi

Çizelge 4.5’de Ürün B1 talep miktarı için tanımlayıcı istatistiksel analiz yapılmıştır. %95 güven aralığında talep miktarının 96 aylık veri içerisinde ortalaması 4935, standart sapması 244 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5. Ürün B1 İçin Tanımlayıcı İstatistik Değerleri

Ortalama	935
Standart Hata	25
Ortanca	917
Kip	658
Standart Sapma	244
Örneklem Varyans	59694
Basıklık	0,05
Çarpıklık	0,46
Aralık	1182
En Küçük	438
En Büyük	1620
Toplam	89753
Toplam Sayı	96
Güvenirlilik Düzeyi(95,0%)	50

Ürün B1 verisinin Şekil 4.3'teki grafiği incelendiğinde lineer trend çizgisinin yatay bir yol izlediği olduğu görülmektedir. Veri durağanlık durumuna yakın olmakla birlikte birim kök testleri sonucunda verinin durağanlığı kontrol edilecektir.



Şekil 4.3. Ürün B1 İçin Talep Grafiği

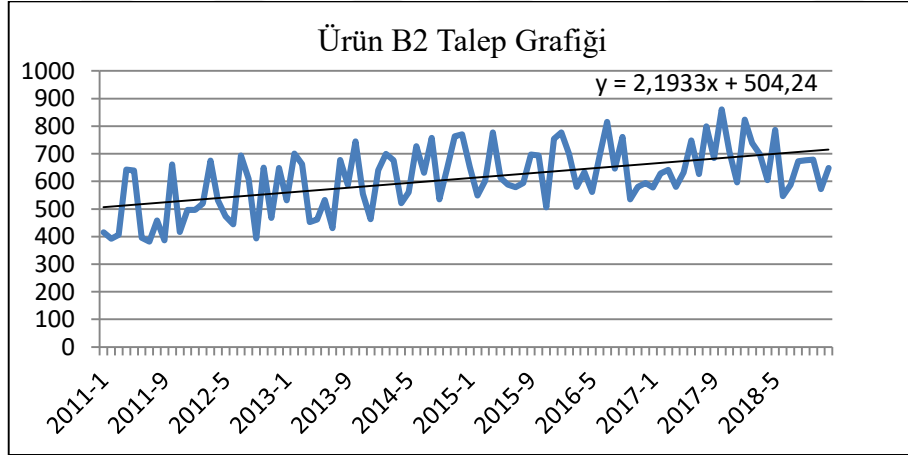
4.1.4. Ürün B2 İçin Veri Analizi

Çizelge 4.6'da Ürün B2 talep miktarı için tanımlayıcı istatistiksel analiz yapılmıştır. %95 güven aralığında talep miktarının 96 aylık veri içerisinde ortalaması 611, standart sapması 114 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6. Ürün B2 İçin Tanımlayıcı İstatistik Değerleri

Ortalama	611
Standart Hata	12
Ortanca	628
Kip	580
Standart Sapma	114
Örnek Varyans	12999
Basıklık	-0,57
Çarpıklık	-0,19
Aralık	479
En Büyük	382
En Küçük	861
Toplam	58619
Toplam Sayı	96
Güvenirlilik Düzeyi(95,0%)	23

Ürün B2 verisinin Şekil 4.4'teki grafiği incelendiğinde lineer trend çizgisinin pozitif yönde olduğu görülmektedir. Trend etkisinden dolayı veri durağanlıktan uzak bir görüntü sergilemekle birlikte birim kök testleri sonucunda verinin durağanlığı kontrol edilecektir.



Şekil 4.4. Ürün B2 İçin Talep Grafiği

4.2.ARIMA ve Holt-Winter Yöntemleri ile Talep Tahmini Uygulaması

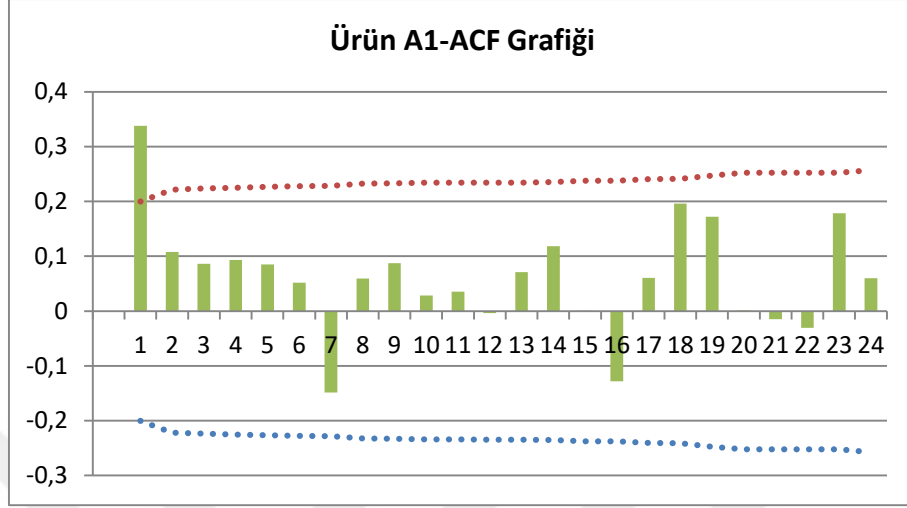
ARIMA ve Holt Winter yöntemleri ile A ve X grubuna dahil olan ürünlerin talep tahmini uygulamaları yapılmıştır.

4.2.1.ARIMA Yöntemi Uygulaması

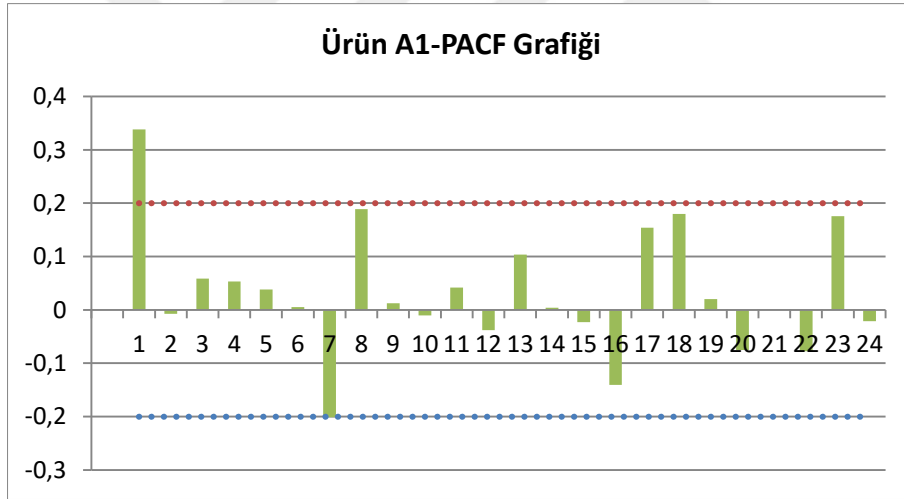
Ürün A1, Ürün A2, Ürün B1 ve Ürün B2 için ACF ve PACF kontrolleri yapılarak veri hakkında parametre bilgisine sahip olunmadığından dolayı ADF birim kök testi kontrolü Sabit Terimli-Trendli modeli ile yapılmıştır. Verilerin artık değerleri Ekler bölümünde, Ek 10-13 arasında gösterilmiştir.

4.2.1.1. Ürün A1 için ARIMA Talep Tahmin Uygulaması

Ürün A1 Verisinin ACF ve PACF Değerleri çizelgesinde(Ek 4), Ürün A1 için öncelikle normal verinin Eşitlik 3.36 kullanılarak ACF ve Eşitlik 3.38 kullanılarak PACF değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görselleştirilmiştir. Şekil 4.5 incelendiğinde Ürün A1 verisinin %5 limit değerinin üzerinde herhangi bir ACF değerinin olmadığı görülmektedir. ACF grafiğinin belli bir gecikme sonrasında 0 değerini kesmesinden dolayı verinin durağan olduğu belirlenebilir ancak durağanlık kontrolü için ayrıca ADF testi uygulanacaktır. Şekil 4.6 incelendiğinde Ürün A1 verisinin %5 limit değerinin üzerinde herhangi bir PACF değerinin olmadığı görülmektedir. Mevsimsellik durumunun olmadığı PACF grafiğinden de tespit edilmektedir.



Şekil 4.5. Ürün A1 İçin ACF Grafiği



Şekil 4.6. Ürün A1 İçin PACF Grafiği

Ürün A1 için ADF birim kök testi uygulandığında Çizelge 4.7'deki sonuç Eşitlik 3.23 kullanılarak elde edilmiştir. Verilerin Tau değerinin, Tau kritik değerinden mutlak değerce büyük olduğu görülmüştür. Buradan yola çıkarak verinin durağan olduğu ve herhangi bir şekilde fark alma işlemi uygulanmadan ARIMA modelinin uygulanabileceği görülmüştür.

Çizelge 4.7. Ürün A1 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri

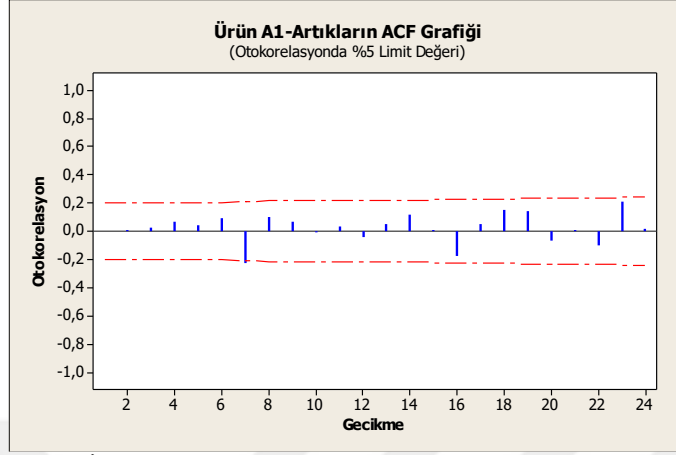
Tau Değeri	Tau Kritik Değeri	Durağanlık Durumu
-6,22923	-3,4536	Durağan

Ürün A1 için yapılan ARIMA tahmin model seçimi Çizelge 4.8'da gösterilmiştir. Veriye eklenen her bir fazla parametreyi cezalandırarak en uygun modelin öne çıkmasını sağlayan SIC kriteri ile model seçimi yapılmış. Eşitlik 3.40 kullanılarak hesaplanan, SIC değeri en düşük model seçilmiştir.

Çizelge 4.8. Ürün A1 Verisi İçin AIC ve SIC Değerleri

No	Model	AIC	SIC*
1	(0,3)(0,0)	-0,03715	0.100807
2	(0,2)(0,0)	-0,00684	0.103532
3	(1,2)(0,0)	-0,02818	0.109777
4	(0,4)(0,0)	-0,01552	0.150035
5	(2,2)(0,0)	-0,00936	0.156193
6	(1,4)(0,0)	-0,01058	0.182560
7	(3,4)(0,0)	-0,06147	0.186860
8	(1,3)(0,0)	0.038049	0.203601
9	(3,2)(0,0)	0.012599	0.205742
10	(2,3)(0,0)	0.015874	0.209018
11	(3,1)(0,0)	0.080702	0.246253
12	(2,4)(0,0)	0.044573	0.265308

Modelin uygunluğunu değerlendirmek için artık değerlerin birbirinden bağımsız kendi arasında otokorelasyon olup olmadığı Şekil 4.7'deki ACF grafiği ile kontrol edilmiştir. Ürün A1 verisinin artık değerlerin %5 limit değeri içinde olduğu ve artık değerlerde herhangi bir otokorelasyon olmadığı görülmüştür. Model seçimi uygun olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.7. Ürün A1 İçin Artık Değerlerinin ACF Grafiği

Çizelge 4.9’da Ürün A1 verisi için ARIMA (0,0,3) modeli katsayıları gösterilmiştir. Katsayılar göz önünde bulundurulduğunda veri Eşitlik 4.1’deki gibi ifade edilmektedir.

Çizelge 4.9. Ürün A1 Verisi İçin ARIMA Modeli Parametre Değerleri

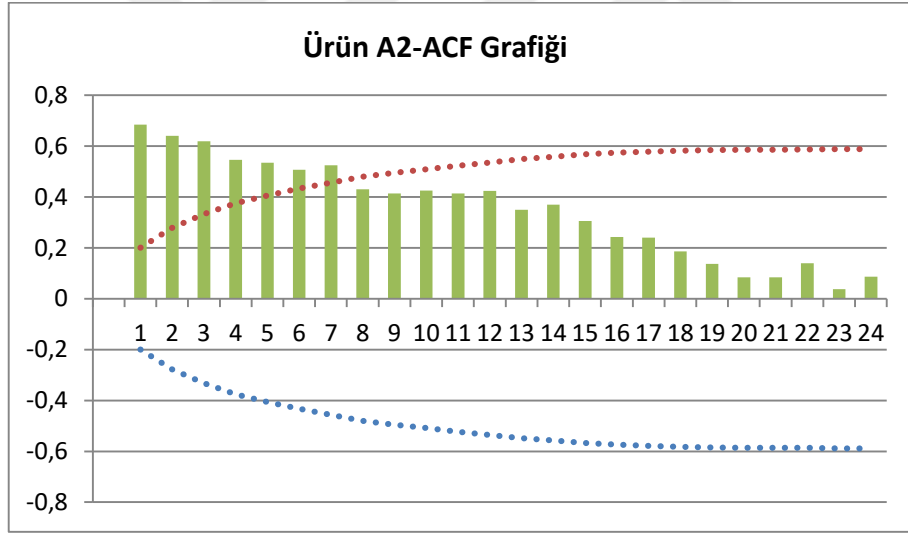
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata
MA1	-0,3408	0,1042
MA2	-0,0875	0,1103
MA3	-0,0355	0,1058
Sabit	4028,1	128,7

Değişkenlerin değerleri ile Eşitlik 3.31 kullanılarak, Eşitlik 4.1 elde edilmiştir. Eşitlik 4.1’e göre, Ürün A1 için kullanılan ARIMA(0,0,3) modelinin F_{97} ile ifade edilen 97. dönem tahmin değeri, $4028+0,3408*709+0,0875*725+0,0355*(-1.478)$ eşitliği kullanılarak 4207 olarak hesaplanmıştır. Hesaplama, A1 Ürünü Artık Değerleri çizelgesinden (Ek 10), artık değerler kullanılmıştır.

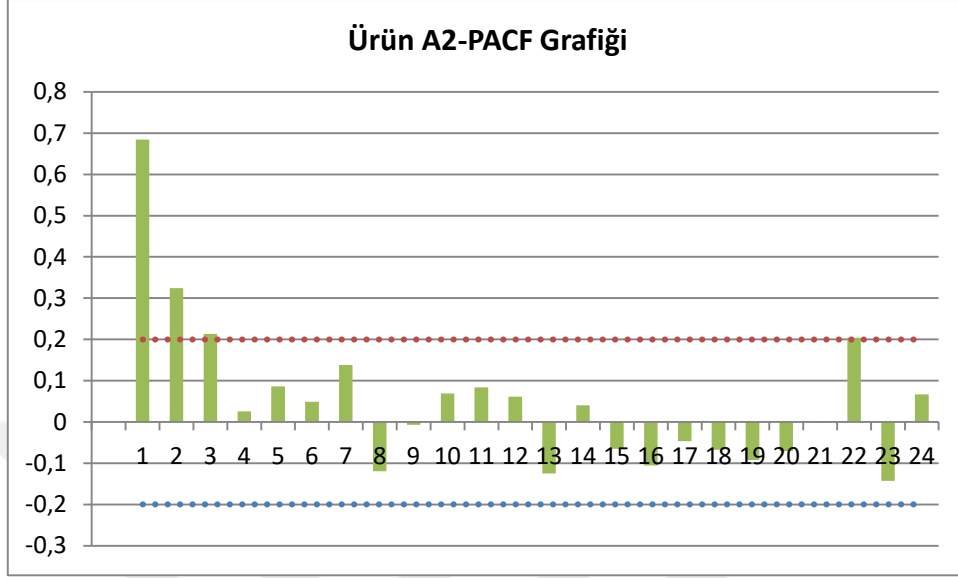
$$Y_t = 4028 - (-0,3408) e_{t-1} - (-0,0875) e_{t-2} - (-0,0355) e_{t-3} + e_t \quad (4.1)$$

4.2.1.2. Ürün A2 İçin ARIMA Talep Tahmin Uygulaması

Ürün A2 Verisinin ACF ve PACF Değerleri çizelgesinde (Ek 5), Ürün A2 için öncelikle normal verinin Eşitlik 3.36 kullanılarak ACF ve Eşitlik 3.38 kullanılarak PACF değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da görselleştirilmiştir. Şekil 4.8 incelendiğinde Ürün A2 verisinin %5 limit değerinin üzerinde olan ACF değerinin bulunduğu görülmektedir. ACF grafiğinin belli bir gecikme sonrasında 0 değerini kesmemesinden dolayı verinin durağan olmadığı belirlenebilir ancak durağanlık kontrolü için ayrıca ADF testi uygulanacaktır. Şekil 4.9 incelendiğinde Ürün A2 verisinin %5 limit değerinin üzerinde olan PACF değerinin olduğu görülmektedir. Mevsimsellik durumunun olmadığı PACF grafiğinden de tespit edilmektedir.



Şekil 4.8. Ürün A2 İçin ACF Grafiği



Şekil 4.9. Ürün A2 İçin PACF Grafiği

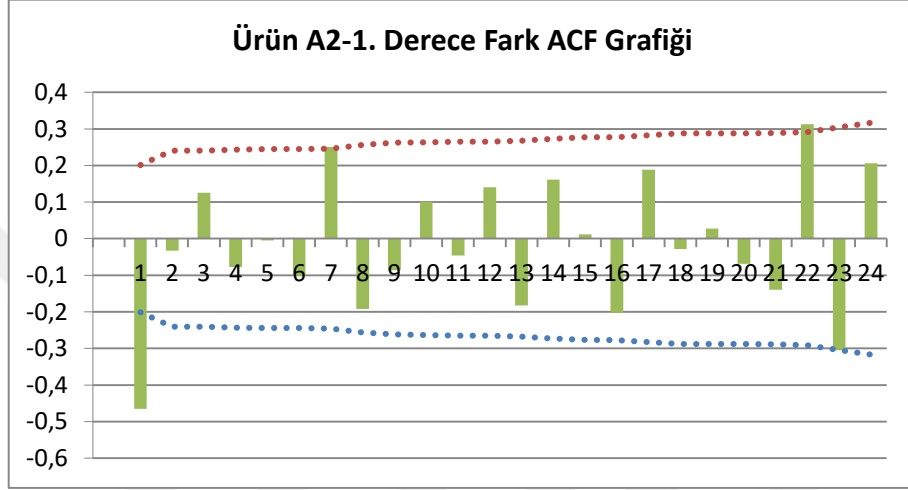
Ürün A2 verisi için ADF birim kök testi uygulandığında Çizelge 4.10'deki sonuç Eşitlik 3.23 kullanılarak elde edilmiştir. Verilerin Tau değerinin, Tau kritik değerinden mutlak değerce küçük olduğu görülmüştür. Verinin durağan olmadığı fark alma işlemi uygulandıktan sonra durağanlık durumun tekrar kontrol edilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Ürün A2 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri

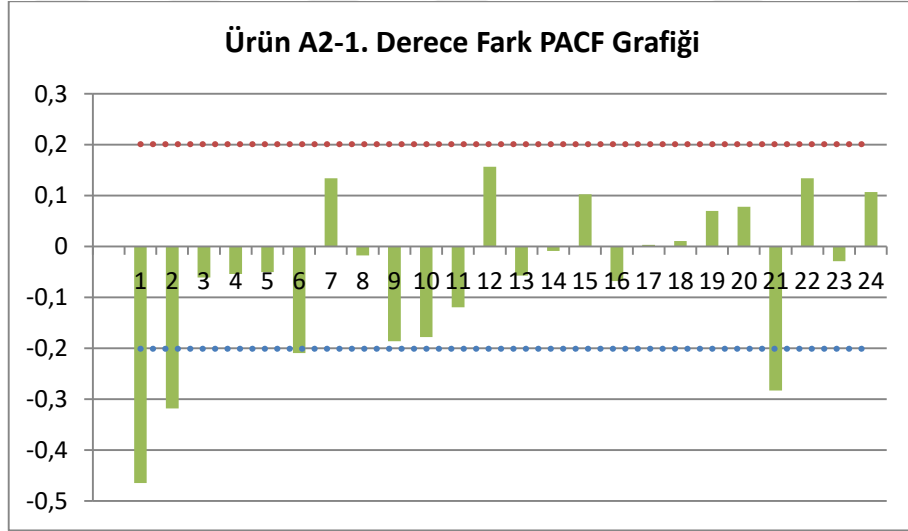
Tau Değeri	Tau Kritik Değeri	Durağanlık Durumu
-3,29971	-3,4536	Durağan Değil

1.derece farkı alınmış verinin, 1.Derece Farkı Alınmış Ürün A2 Verisinin ACF ve PACF Değerleri çizelgesinde (Ek 6), ACF ve PACF değerleri verilmiştir. Şekil 4.10 incelendiğinde Ürün A2 verisinin %5 limit değerinin üzerinde herhangi bir ACF değerinin olmadığı görülmektedir. ACF grafiğinin belli bir gecikme sonrasında 0 değerini kesmesinden dolayı verinin durağan olduğu belirlenebilir

ancak durağanlık kontrolü için ayrıca ADF testi uygulanacaktır. Şekil 4.11 incelendiğinde Ürün A2 verisinin %5 limit değerin üzerinde olan PACF değerinin olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.10. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün A2 İçin ACF Grafiği



Şekil 4.11. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün A2 İçin PACF Grafiği

Ürün A2 verisi için ADF birim kök testi uygulandığında Çizelge 4.11'deki sonuç Eşitlik 3.23 kullanılarak elde edilmiştir. Verilerin Tau değerinin, Tau kritik değerinden mutlak değerce büyük olduğu görülmüştür. Verinin durağan olduğu ve herhangi bir şekilde ikinci bir defa fark alma işlemi uygulanmadan ARIMA modelinin uygulanabileceği görülmüştür.

Çizelge 4.11. 1.Derece Farkı Alınmış Ürün A2 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri

Tau Değeri	Tau Kritik Değeri	Durağanlık Durumu
-11,3327	-3,45406	Durağan

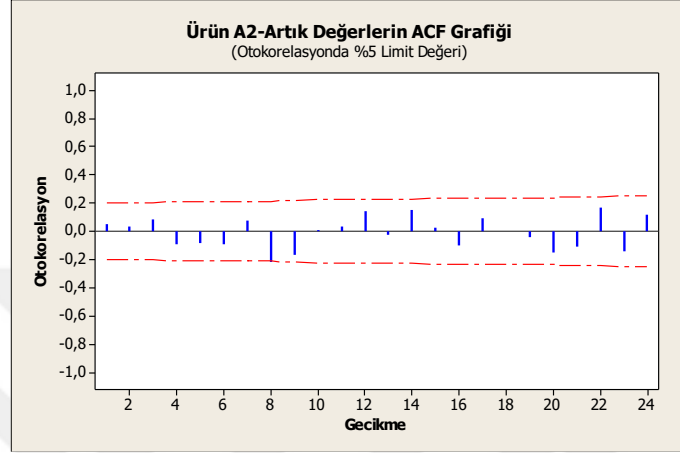
1. Derece farkı alınmış Ürün A2 için yapılan ARIMA tahmin model seçimi Çizelge 4.12'de gösterilmiştir. Veriye eklenen her bir fazla parametreyi cezalandırarak en uygun modelin öne çıkmasını sağlayan SIC kriteri ile model seçimi yapılmış. Eşitlik 3.40 kullanılarak hesaplanan, SIC değeri en düşük model seçilmiştir.

Çizelge 4.12. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün A2 İçin AIC ve SIC Değerleri

No	Model	AIC	SIC*
1	(0,1)(0,0)	0,744082	0,824731
2	(1,1)(0,0)	0,736514	0,844045
3	(0,2)(0,0)	0,740461	0,847992
4	(1,2)(0,0)	0,741741	0,876156
5	(2,1)(0,0)	0,755190	0,889605
6	(0,3)(0,0)	0,759190	0,893604
7	(2,3)(0,0)	0,713752	0,901933
8	(3,1)(0,0)	0,761842	0,923139
9	(2,0)(0,0)	0,815685	0,923216
10	(0,4)(0,0)	0,770513	0,931811
11	(2,2)(0,0)	0,774594	0,935891
12	(1,3)(0,0)	0,776176	0,937473

Modelin uygunluğunu değerlendirmek için artık değerlerin birbirinden bağımsız kendi arasında otokorelasyon olup olmadığı Şekil 4.12'deki ACF grafiği ile kontrol edilmiştir. Ürün A2 verisinin artık değerlerin %5 limit değeri içinde

olduğu ve artık değerlerde herhangi bir otokorelasyon olmadığı görülmüştür. Model seçimi uygun olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.12. Ürün A2 İçin Artık Değerlerin ACF Grafiği

Çizelge 4.13’da Ürün A2 verisi için ARIMA (0,1,1) modeli katsayıları gösterilmiştir. Katsayılar göz önünde bulundurulduğunda veri Eşitlik 4.2’deki gibi ifade edilmektedir.

Çizelge 4.13. Ürün A2 İçin ARIMA Modeli Parametre Değerleri

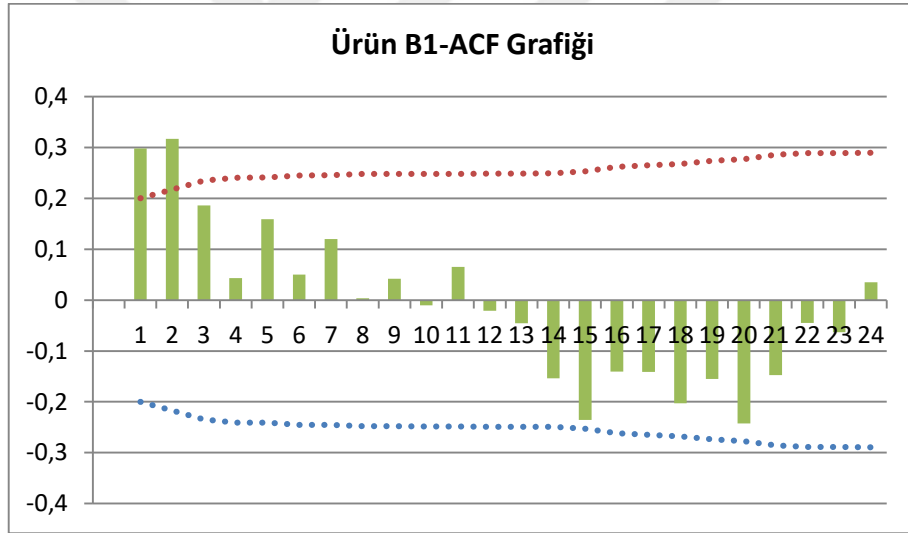
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata
MA1	0,7701	0,0704
Sabit	26,96	12,30

Değişkenlerin değerleri ile Eşitlik 3.33 kullanılarak Eşitlik 4.2 elde edilmiştir. Eşitlik 4.2’e göre, Ürün A2 için kullanılan ARIMA(0,1,1) modelinin F_{97} ile ifade edilen 97. dönem tahmin değeri, $4110 + 26,96 - 0,7701 * 1058$ eşitliği kullanılarak 3321 olarak hesaplanmıştır. Hesaplama, A2 Ürünü Artık Değerleri çizelgesinden(Ek 11), artık değerler kullanılmıştır.

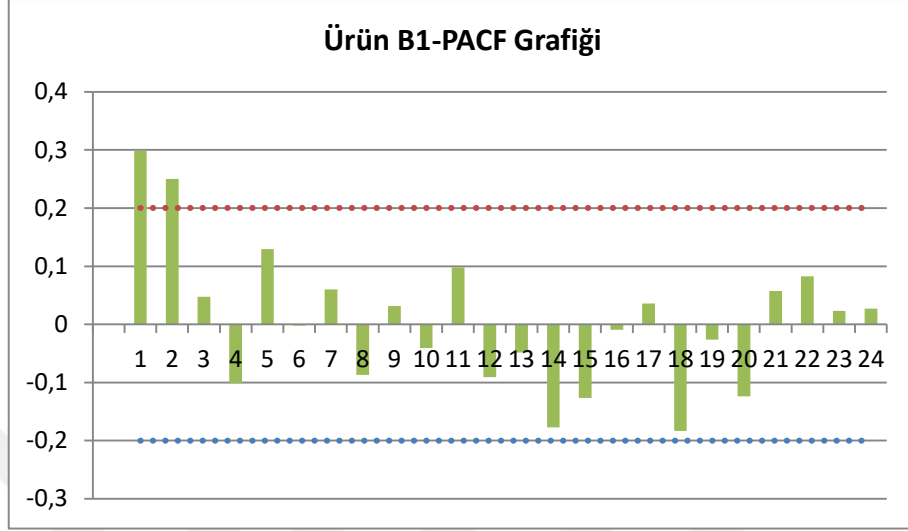
$$Y_t = Y_{t-1} + 26,96 - 0,7701 e_{t-1} + e_t \quad (4.2)$$

4.2.1.3. Ürün B1 İçin ARIMA Talep Tahmin Uygulaması

Ürün B1 Verisinin ACF ve PACF Değerleri çizelgesinde(Ek 7), Ürün B1 için öncelikle normal verinin Eşitlik 3.36 kullanılarak ACF ve Eşitlik 3.38 kullanılarak PACF değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'da görselleştirilmiştir. Şekil 4.13 incelendiğinde Ürün B1 verisinin %5 limit değerinin üzerinde herhangi bir ACF değerinin olmadığı görülmektedir. ACF grafiğinin belli bir gecikme sonrasında 0 değerini kesmesinden dolayı verinin durağan olduğu belirlenebilir ancak durağanlık kontrolü için ayrıca ADF testi uygulanacaktır. Şekil 4.14 incelendiğinde Ürün B1 verisinin %5 limit değerinin üzerinde herhangi bir PACF değerinin olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.13. Ürün B1 İçin ACF Grafiği



Şekil 4.14. Ürün B1 İçin PACF Grafiği

Ürün B1 için ADF birim kök testi uygulandığında Çizelge 4.14'deki sonuç Eşitlik 3.23 kullanılarak elde edilmiştir. Verilerin Tau değerinin, Tau kritik değerinden mutlak değerce büyük olduğu görülmüştür. Verinin durağan olduğu ve herhangi bir şekilde fark alma işlemi uygulanmadan ARIMA modelinin uygulanabileceği görülmüştür.

Çizelge 4.14. Ürün B1 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri

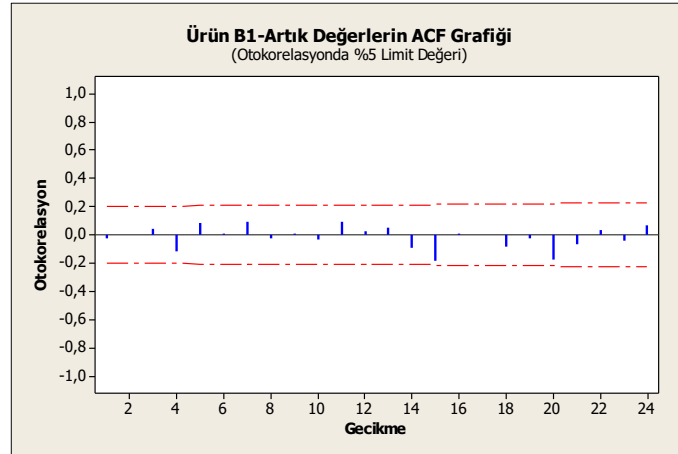
Tau Değeri	Tau Kritik Değeri	Durağanlık Durumu
-4,31316	-3,4536	Durağan

Ürün B1 için yapılan ARIMA tahminlemesi model seçimi Çizelge 4.15'da gösterilmiştir. Veriye eklenen her bir fazla parametreyi cezalandırarak en uygun modelin öne çıkmasını sağlayan SIC kriteri ile model seçimi yapılmış. Eşitlik 3.40 kullanılarak hesaplanan, SIC değeri en düşük model seçilmiştir.

Çizelge 4.15. Ürün B1 İçin AIC ve SIC Değerleri

No	Model	AIC	SIC*
1	(2,0)(0,0)	13,743041	13,849889
2	(1,1)(0,0)	13,756623	13,863471
3	(0,2)(0,0)	13,760637	13,867485
4	(1,0)(0,0)	13,792687	13,872823
5	(3,1)(0,0)	13,714323	13,874595
6	(0,3)(0,0)	13,755632	13,889192
7	(1,3)(0,0)	13,729303	13,889574
8	(1,2)(0,0)	13,758306	13,891866
9	(3,0)(0,0)	13,760377	13,893937
10	(2,1)(0,0)	13,761729	13,895289
11	(0,1)(0,0)	13,825660	13,905796
12	(3,2)(0,0)	13,724298	13,911281

Modelin uygunluğunu değerlendirmek için artık değerlerin birbirinden bağımsız kendi arasında otokorelasyon olup olmadığı Şekil 4.15'deki ACF grafiği ile kontrol edilmiştir. Ürün B1 verisinin artık değerlerin %5 limit değeri içinde olduğu ve artık değerlerde herhangi bir otokorelasyon olmadığı görülmüştür. Model seçimi uygun olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.15. Ürün B1 İçin Artık Değerlerin ACF Grafiği

Çizelge 4.16'da Ürün B1 için ARIMA (2,0,0) modeli katsayıları gösterilmiştir. Katsayılar göz önünde bulundurulduğunda Eşitlik 4.3'deki gibi ifade edilmektedir.

Çizelge 4.16. Ürün B1 İçin ARIMA Modeli Parametre Değerleri

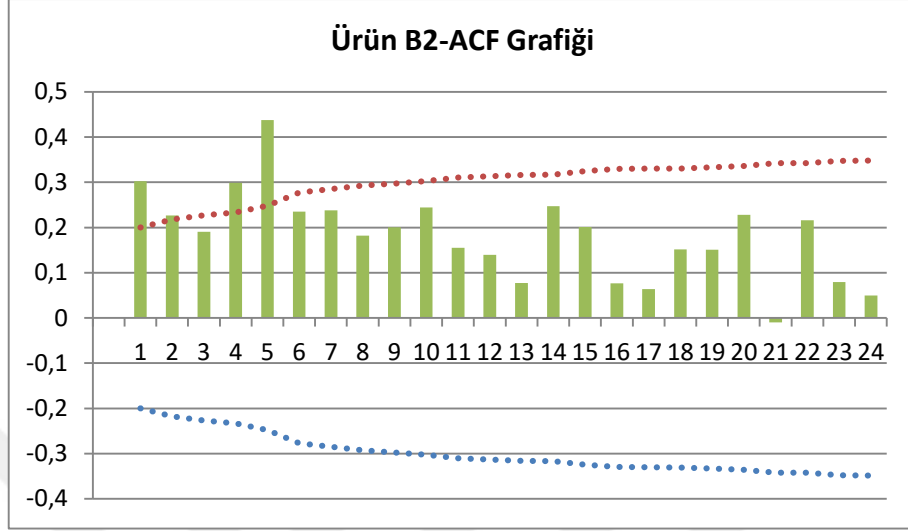
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata
AR1	0,2296	0,1001
AR2	0,2699	0,1013
Sabit	468,29	23,16

Değişkenlerin değerleri ile Eşitlik 3.31 kullanılarak Eşitlik 4.3 elde edilmiştir. Eşitlik 4.3'e göre, Ürün B1 için kullanılan ARIMA(2,0,0) modelinin F_{97} ile ifade edilen 97. dönem tahmin değeri, $468,29 + 0,2296 * 1188 + 0,2699 * 1299$ eşitliği kullanılarak 1092 olarak hesaplanmıştır. Hesaplama, B1 Ürünü Artık Değerleri çizelgesinden (Ek12), artık değerler kullanılmıştır.

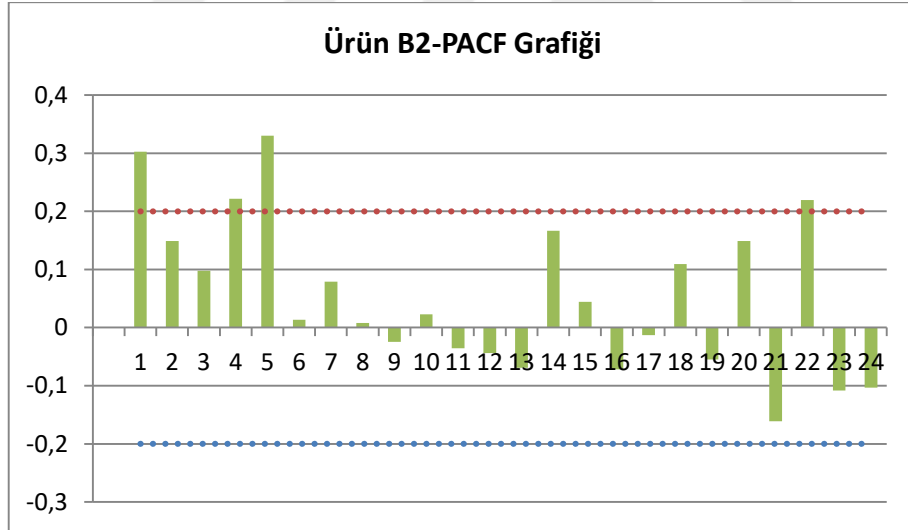
$$Y_t = 468,29 + 0,2296 Y_{t-1} + 0,2699 Y_{t-2} \quad (4.3)$$

4.2.1.4. Ürün B2 İçin ARIMA Talep Tahmin Uygulaması

Ek 8'de Ürün B2 Verisinin ACF ve PACF Değerleri çizelgesinde, Ürün B2 için öncelikle normal verinin Eşitlik 3.36 kullanılarak ACF ve Eşitlik 3.38 kullanılarak PACF değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'da görselleştirilmiştir. Şekil 4.16 incelendiğinde Ürün B2 verisinin %5 limit değerinin üzerinde olan ACF değerinin bulunduğu görülmektedir. ACF grafiğinin belli bir gecikme sonrasında 0 değerini kesmemesinden dolayı verinin durağan olmadığı belirlenebilir ancak durağanlık kontrolü için ayrıca ADF testi uygulanacaktır. Şekil 4.17 incelendiğinde Ürün B2 verisinin %5 limit değerinin üzerinde herhangi bir PACF değerinin olmadığı görülmektedir. Ancak Şekil 4.16'daki ACF grafiği, durağanlık durumu ile ilgili bilgi vermektedir.



Şekil 4.16. Ürün B2 İçin ACF Grafiği



Şekil 4.17. Ürün B2 İçin PACF Grafiği

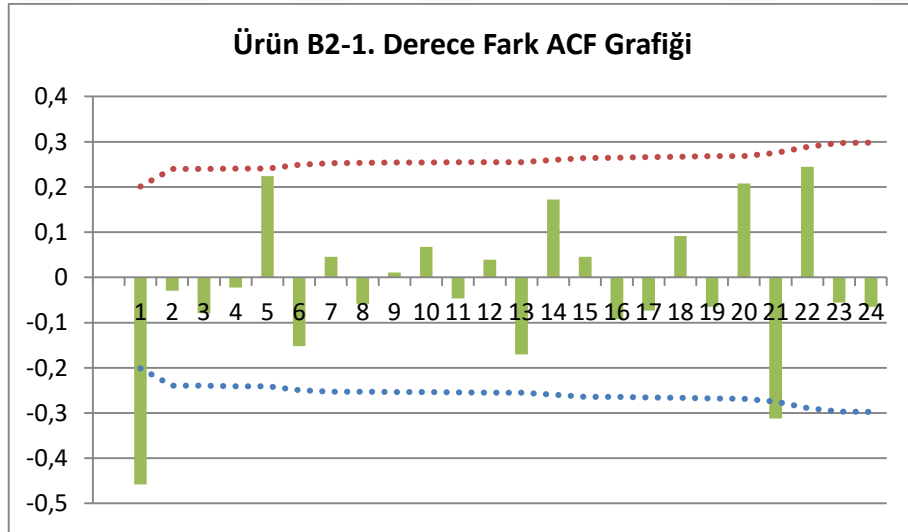
Ürün B2 verisi için ADF birim kök testi uygulandığında Çizelge 4.17'deki sonuç Eşitlik 3.23 kullanılarak elde edilmiştir. Verilerin Tau değerinin, Tau kritik değerinden mutlak değerce küçük olduğu görülmüştür. Verinin durağan olmadığı,

fark alma işlemi uygulandıktan sonra durağanlık durumun tekrar kontrol edilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

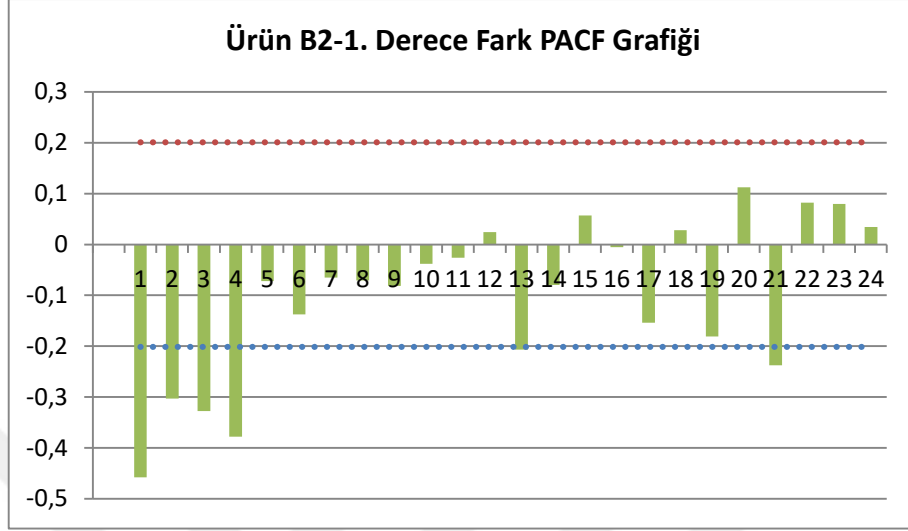
Çizelge 4.17. Ürün B2 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri

Tau Değeri	Tau Kritik Değeri	Durağanlık Durumu
-2,86346	-3,4536	Durağan değil

1.derece farkı alınmış verinin, Ek 9'de 1.Derece Farkı Alınmış Ürün B2 Verinin ACF ve PACF Değerleri çizelgesinde, ACF ve PACF değerleri verilmiştir. Şekil 4.18 incelendiğinde Ürün B2 verisinin %5 limit değerinin üzerinde herhangi bir ACF değerinin olmadığı görülmektedir. ACF grafiğinin belli bir gecikme sonrasında 0 değerini kesmesinden dolayı verinin durağan olduğu belirlenebilir ancak durağanlık kontrolü için ayrıca ADF testi uygulanacaktır. Şekil 4.19 incelendiğinde Ürün B2 verisinin %5 limit değerinin üzerinde olan PACF değerinin olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.18. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün B2 İçin ACF Grafiği



Şekil 4.19. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün B2 İçin PACF Grafiği

Ürün B2 için ADF birim kök testi uygulandığında Çizelge 4.18'deki sonuç Eşitlik 3.23 kullanılarak elde edilmiştir. Verilerin Tau değerinin, Tau kritik değerinden mutlak değerce büyük olduğu görülmüştür. Verinin durağan olduğu ve herhangi bir şekilde ikinci bir defa fark alma işlemi uygulanmadan ARIMA modelinin uygulanabileceği görülmüştür.

Çizelge 4.18. 1.Derece Farkı Alınmış Ürün B2 İçin ADF Birim Kök Test Değerleri

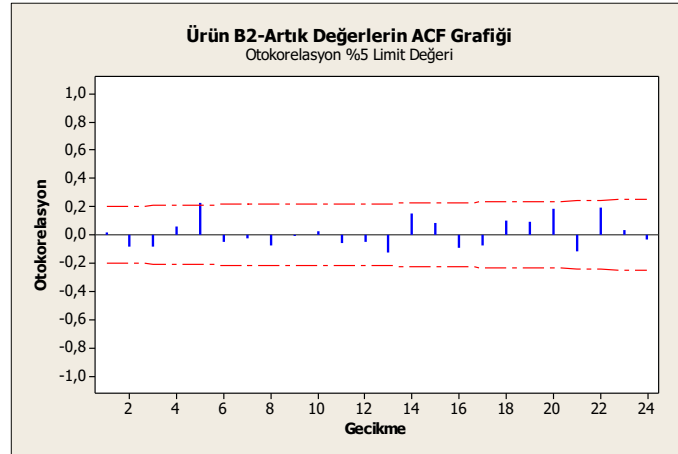
Tau Değeri	Tau Kritik Değeri	Durağanlık Durumu
-4,14037	-3,45406	Durağan

1. Derece farkı alınmış Ürün B2 için yapılan ARIMA tahmini model seçimi Çizelge 4.19'de gösterilmiştir. Veriye eklenen her bir fazla parametreyi cezalandırarak en uygun modelin öne çıkmasını sağlayan SIC kriteri ile model seçimi yapılmış. Eşitlik 3.40 kullanılarak hesaplanan, SIC değeri en düşük model seçilmiştir.

Çizelge 4.19. 1. Derece Farkı Alınmış Ürün B2 İçin AIC ve SIC Değerleri

No	Model	AIC	SIC*
1	(0,1)(0,0)	12,079	12,160
2	(0,2)(0,0)	12,100	12,208
3	(1,1)(0,0)	12,100	12,208
4	(2,1)(0,0)	12,114	12,249
5	(0,3)(0,0)	12,114	12,249
6	(1,2)(0,0)	12,119	12,253
7	(3,1)(0,0)	12,117	12,279
8	(2,3)(0,0)	12,094	12,282
9	(0,4)(0,0)	12,125	12,286
10	(2,2)(0,0)	12,129	12,291
11	(4,0)(0,0)	12,135	12,297
12	(1,3)(0,0)	12,139	12,300

Modelin uygunluğunu değerlendirmek için artık değerlerin birbirinden bağımsız kendi arasında otokorelasyon olup olmadığı Şekil 4.20'deki ACF grafiği ile kontrol edilmiştir. Ürün B2 verisinin artık değerlerin %5 limit değeri içinde olduğu ve artık değerlerde herhangi bir otokorelasyon olmadığı görülmüştür. Model seçimi uygun olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.20. Ürün B2 İçin Artık Değerlerin ACF Grafiği

Çizelge 4.20’da Ürün B2 için ARIMA (0,1,1) modeli katsayıları gösterilmiştir. Katsayılar göz önünde bulundurulduğunda veri Eşitlik 4.4’deki gibi ifade edilmektedir.

Çizelge 4.20. Ürün B2 İçin ARIMA Modeli Parametre Değerleri

Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata
MA1	0,9674	0,0401
Sabit	2,1414	0,7830

Değişkenlerin değerleri ile Eşitlik 3.33 kullanılarak Eşitlik 4.4 elde edilmiştir. Eşitlik 4.4’e göre, Ürün B2 için kullanılan ARIMA(0,1,1) modelinin F_{97} ile ifade edilen 97. dönem tahmin değeri, $649 + 2,1414 - 0,9674 * (-58)$ eşitliği kullanılarak 707 olarak hesaplanmıştır. Hesaplama, B2 Ürünü Artık Değerleri çizelgesinden (Ek 13), artık değerler kullanılmıştır.

$$Y_t = Y_{t-1} + \mu - 0,9674e_{t-1} + e_t \quad (4.4)$$

4.2.1.5. ARIMA Talep Tahmin Sonuçları

A ve X grubunda yer alan ürünlerin Çizelge 4.20’de örnek oluşturması için gelecek 3 dönem talep tahminleri ve hata kriterleri değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. A ve X Grubundaki Ürünlerin ARIMA Sonuçları ve Hata Kriter Değerleri

Ürün	Model	97. Dönem	98. Dönem	99. Dönem	MAPE	MAD	RMS E
A1	(0,0,3)	4202	4075	4037	18,7%	666	840
A2	(0,1,1)	3322	3349	3376	30,1%	369	544
B1	(2,0,0)	1091	1039	1001	19,5%	169	212
B2	(0,1,1)	707	709	711	20,0%	92	116

4.2.2. Holt-Winter Yöntemi Uygulaması

Holt-Winter yöntemi ile A ve X grubundaki ürünler için talep tahmini, alternatif düzeltme parametreleri ile oluşturulan karar destek sistemi kullanılarak en uygun model seçimi yapılmıştır. Her bir ürün için uygun model seçimi en düşük tahmin performans kriterini veren değerler baz alınarak seçilmiştir. Eşitlik 3.29 kullanılarak Ortalama Mutlak Yüzde Hata Oranı (MAPE) kriterleri hesaplanmış, en düşük MAPE değerine sahip modeller, karar destek sisteminin önerdiği en uygun parametreler, Model 1 olarak gösterilmiştir. Eşitlik 3.44-3.47 kullanılarak Çizelge 4.21'de Ürün A1, Çizelge 4.22'de Ürün A2, Çizelge 4-23'de Ürün B1 ve Çizelge 4-24'de Ürün B2 talep tahmini yapılmış ve sonuçları gösterilmiştir.

Karar destek sisteminde 3 farklı modelin kıyaslaması yapılabildiği için Alpha, Beta ve Gama parametre değerleri farklı değerler verilerek Model 2 ve Model 3 olarak belirtilen Holt-Winter modelleri oluşturulmuştur. Karar destek sistemi kullanılarak farklı parametrelerde sonuçlar hesaplanmıştır.

Verilerde mevsimsellik durumu mevcut olmadığı için Gama parametresindeki değişimler talep tahmin hata kriterlerine olumsuz yansımıştır. Çizelge 4.22'de Ürün A1'de Gama parametresindeki değişiklik talep tahmin değerlerinde Alpha ve Beta parametrelerine göre daha fazla dalgalanmaya sebep olmuş, özellikle hata kriterlerinde belirgin bir hata oranını artırmıştır.

Çizelge 4.22. Ürün A1 Holt-Winter Parametre, Hata Kriterleri Değerleri ve Tahminleri

Ürün A1	Model 1	Model 2	Model 3
Alpha (Seviye)	0,1	0,1	0,3
Beta (Trend)	0,4	0,4	0,4
Gama (Mevsimsel)	0,0	0,2	0,2
MAPE	%18,0	%21,0	%22,0
MAD	642	785	817
RMSE	807	980	1035
97.Dönem	4139	4291	4232
98.Dönem	3624	3534	3629
99.Dönem	4128	3905	4211

Çizelge 4.23’de Ürün A2’de Gama parametresindeki değişiklik talep tahmin değerlerinde Alpha ve Beta parametrelerine göre daha fazla dalgalanmaya sebep olmuş, özellikle hata kriterlerinde belirgin bir hata oranını artırmıştır. Model 3’te Alpha parametresindeki artım miktarı verinin hata değerlerini yükseltmiştir.

Çizelge 4.23. Ürün A2 Holt-Winter Parametre, Hata Kriterleri Değerleri ve Tahminleri

Ürün A2	Model 1	Model 2	Model 3
Alpha (Seviye)	0,2	0,2	0,4
Beta (Trend)	0,2	0,2	0,2
Gama (Mevsimsel)	0,0	0,2	0,2
MAPE	%22,0	%27,0	%27,0
MAD	355	409	422
RMSE	460	519	530
97.Dönem	2937	3224	3388
98.Dönem	3133	3500	3637
99.Dönem	4009	4400	4545

Çizelge 4.24'da Ürün B1'de Gama parametresindeki değişiklik talep tahmin değerlerinde Alpha parametresine göre daha fazla dalgalanmaya sebep olmuş, Gama parametresinin Alpha parametresine göre hata kriterlerine daha fazla etki ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.24. Ürün B1 Holt-Winter Parametre, Hata Kriterleri Değerleri ve Tahminleri

Ürün B1	Model 1	Model 2	Model 3
Alpha (Seviye)	0,4	0,2	0,4
Beta (Trend)	0,1	0,1	0,1
Gama (Mevsimsel)	0,0	0,0	0,2
MAPE	%19,5	%19,7	%20,5
MAD	177	174	185
RMSE	221	222	232
97.Dönem	1058	1062	1095
98.Dönem	1020	1050	1060
99.Dönem	1072	1078	1118

Çizelge 4.25'de Ürün B2'de Beta parametresindeki değişiklik talep tahmin değerlerinde Gama parametresine göre daha fazla dalgalanmaya sebep olmuş, Beta parametresinin Gama parametresine göre hata kriterlerine daha fazla etki ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.25. Ürün B2 Holt-Winter Parametre, Hata Kriterleri Değerleri ve Tahminleri

Ürün B2	Model 1	Model 2	Model 3
Alpha (Seviye)	0,1	0,1	0,1
Beta (Trend)	0,1	0,2	0,1
Gama (Mevsimsel)	0,1	0,1	0,2
MAPE	%5,6	%5,9	%5,8
MAD	37	38	38
RMSE	30	1	2
97.Dönem	631	664	652
98.Dönem	605	640	637
99.Dönem	643	679	682

Holt-Winter yönteminde kullanılan parametreler verinin karakteristiğine, mevsimsellik yada trend durumuna göre seçilmelidir. Uygulamada A ve X grubundaki ürünlerin zaman verilerinde mevsimsellik durumu söz konusu olmadığı için özellikle mevsimsellik parametresi, Gama'daki değişiklikler talep tahmin değerlerinin hata kriterlerinde negatif yönlü dramatik değişikliklere sebep olmuştur.

4.2.3. ARIMA ve Holt-Winter Tahmin Sonuçları Karşılaştırmaları

Çizelge 4.26'de ARIMA ve Holt-Winter modelleri hata sonuçları ve talep tahminleri kıyaslanmıştır. Kıyaslama MAPE, MAD, RMSE talep tahmini performans ölçümüne göre yapılmıştır.

Çizelge 4.26. ARIMA ve Holt-Winter Sonuçları Karşılaştırması ve Tahmin Değerleri

Ürün	Yöntem	MAPE	MAD	RMSE	97.Dönem Tahmini	98.Dönem Tahmini	99.Dönem Tahmini
A1	ARIMA	18,7%	666	840	4202	4075	4037
	Holt-Winter	18,0%	642	807	4139	3624	4128
A2	ARIMA	30,1%	369	544	3322	3349	3376
	Holt-Winter	22,0%	355	460	2937	3133	4009
B1	ARIMA	19,5%	169	212	1091	1039	1001
	Holt-Winter	19,5%	177	221	1058	1020	1072
B2	ARIMA	6,0%	29	33	707	709	711
	Holt-Winter	5,6%	37	30	631	605	643

Ürün A1 talep tahmininde Holt-Winter yönteminin ARIMA yöntemine göre %0,7 MAPE hata kriterinde daha düşük değer ürettiği Çizelge 4.26'da gösterilmektedir. Aradaki farkın %1'in altında olması her iki modelin birbirine yakın olduğunu göstermektedir. MAD ve RMSE değerlerinin modeller arasında anlamlı bir farka sahip olmadığı görülmektedir. Hem Holt-Winter hem de ARIMA yönteminin MAPE değerlerinin, Lewis'in tahmin modeli değerlendirmesine göre (Çuhadar, Kayacan, 2005), %20'in altında olması kullanılan modellerin "İyi" kategorisinde olduğunu göstermiştir.

Ürün A2 talep tahmininde Holt-Winter yönteminin ARIMA yöntemine göre %8,1 MAPE hata kriterinde daha düşük değer ürettiği Çizelge 4.26'da gösterilmektedir. İki model arasında MAPE ve RMSE hata kriterleri göz önünde bulundurulduğunda anlamlı bir fark olduğu, MAD değerlerinin modeller arasında anlamlı bir farka sahip olmadığı görülmektedir. Hem Holt-Winter hem de ARIMA yönteminin MAPE değerlerinin, Lewis'in tahmin modeli değerlendirmesine göre (Çuhadar, Kayacan, 2005), %20 ve %50 arasında olması kullanılan modellerin "Kabul Edilebilir" kategorisinde olduğunu göstermiştir.

Ürün B1 talep tahmininde Holt-Winter yöntemi ve ARIMA yönteminin MAPE hata kriterinde aynı değeri ürettiği Çizelge 4.26'da gösterilmektedir. MAD ve RMSE değerlerinin modeller arasında anlamlı bir farka sahip olmadığı görülmektedir. Hem Holt-Winter hem de ARIMA yönteminin MAPE değerlerinin, Lewis'in tahmin modeli değerlendirmesine göre (Çuhadar, Kayacan, 2005), %20'in altında olması kullanılan modellerin "İyi" kategorisinde olduğunu göstermiştir.

Ürün B2 talep tahmininde Holt-Winter yönteminin ARIMA yöntemine göre %0,4 MAPE hata kriterinde daha düşük değer ürettiği Çizelge 4.26'da gösterilmektedir. Aradaki farkın %1'in altında olması her iki modelin birbirine yakın olduğunu göstermektedir. MAD ve RMSE değerlerinin modeller arasında anlamlı bir farka sahip olmadığı görülmektedir. Hem Holt-Winter hem de ARIMA yönteminin MAPE değerlerinin, Lewis'in tahmin modeli değerlendirmesine göre (Çuhadar, Kayacan, 2005), %10'un altında olması kullanılan modellerin "Çok İyi" kategorisinde olduğunu göstermiştir.

Ürün A1 incelendiğinde 96 aylık verinin varyasyon katsayısının %22 olduğu ve aralık değerinin 4871, aralık değerinin ortalamaya oranı %121 olarak hesaplanmıştır. Ürün A2 incelendiğinde 96 aylık verinin varyasyon katsayısının %46 olduğu ve aralık değerinin 3893, aralık değerinin ortalamaya oranı %219 olarak hesaplanmıştır. Ürün B1 incelendiğinde 96 aylık verinin varyasyon katsayısının %26 olduğu ve aralık değerinin 1182, aralık değerinin ortalamaya oranı %126 olarak hesaplanmıştır. Ürün B2 incelendiğinde 96 aylık verinin varyasyon katsayısının %19 olduğu ve aralık değerinin 479, aralık değerinin ortalamaya oranı %78 olarak hesaplanmıştır. Tahmin doğruluğu incelendiğinde en düşük MAPE değeri sahip ürünler sıralandığında, Ürün B2, Ürün A1, Ürün B1 ve Ürün A2 olduğu görülür. Bu durum, verilerin hem varyasyon katsayıları hem de veri aralık değerinin ortalamaya oranından elde edilen değerlerin sıralaması ile

doğru orantılı olduğunu göstermektedir. İlgili değerlerdeki artıŐlar tahmin sonuçlarını olumsuz etkilemektedir.

Yapılan talep tahmin analizlerinde genel olarak Holt-Winter yönteminin ARIMA yöntemine göre doğruluk payı daha yüksek sonuçlar ürettiği görülmüŐ ve Holt-Winter yöntemi üzerine karar destek sistemi oluşturulmuştur.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmeler arz zinciri planlamasında süreçlerini optimize ederek kaynak tasarrufu yapmaya çalışmaktadır. Özellikle müşteri talepleri ve satınalma, stoklama vb. operasyonel süreçleri doğrultusunda kullanılmak üzere doğru talep tahminlemesi yapmak zorundadır. Operasyonel süreçler, doğru talep tahmin planlaması ve ürün analizleri ile yönetilmelidir.

Ürünleri sınıflandırmak işletmeler için her zaman odak noktasını doğru yönlendirmeye ve kaynaklarını verimli bir şekilde kullanmaya yardımcı olmuştur. Çalışmada 12 aylık talep miktarları ve ürünlerin varyasyon katsayıları dikkate alınarak ABC-XYZ analizi ile sınıflandırma yapılmıştır. Analiz sonucunda tespit edilen 4 ürün, analiz kapsamına alınmış ve zaman serileri yöntemleri ile gelecek dönem talep tahmini yapılmıştır. Her bir ürünün talep miktarları farklı davranışlar sergilemektedir. Talep tahmini yapılırken sadece bir talep tahmin yönteminden değil birçok farklı talep tahmin yönteminden faydalanmak gerekmektedir. Özellikle mevcut olan zaman verisi incelenmeli ve talep tahmin yöntemine karar verilmelidir.

Zaman serileri yöntemleri arasında sık kullanılan ARIMA yöntemi değerlendirilmiştir. ARIMA yöntemi diğer zaman verileri analiz yöntemlerine göre daha karmaşık ve ihtisas isteyen bir yöntemdir. ARIMA yöntemi kullanılarak yapılan analizlerde birçok farklı parametrenin kontrol edilmesi, test edilmesi ve doğru modelin oluşturulması gerekmektedir. ARIMA yönteminin yanı sıra Holt-Winter yöntemi de değerlendirilmiştir. Holt-Winter yöntemi basit üstel düzeltme yönteminin ihtiyaçlara göre değişiklik yapılmış halidir. Holt-Winter yöntemi 3 farklı parametre ile trend ve mevsimsellik etkisini göz önünde bulundurarak talep tahmini yapmaktadır. ARIMA yöntemine göre daha az karmaşık bir yapıya sahiptir.

A ve X grubunda yer alan Ocak 2011 ve Aralık 2018 döneminde 96 gözlem noktasına sahip 4 ürün için ARIMA ve Holt-Winter yöntemleri ile talep tahmini yapılmıştır. Tahmin sonuçları MAPE, MAD, RMSE hata kriterleri ile karşılaştırılmıştır. Holt-Winter yönteminin ARIMA yöntemine göre MAPE hata kriteri bazında Ürün A1'de % 0,7, Ürün A2'de %8,1, Ürün B2'de %0,4 doğruluk oranı yüksek olduğu, Ürün B1'de ise aynı sonuçları ürettikleri gözlenmiştir. Holt-Winter yönteminin tahminde ARIMA modeline göre üstünlüğü görülmektedir. Alınan sonuçlarla birlikte Holt-Winter yöntemi ile talep tahmini için karar destek sistemi oluşturulmuştur. Karar destek sistemi, oluşturulan farklı model kıyaslamalarını, parametre değişikliğine karşı tahmin sonuçlarını ve parametre değişimine bağlı hata değerinde nasıl bir etki oluşturduğunu göstermektedir.

Talep tahmin sonuçları incelendiği, 96 aylık varyasyon katsayısı değerleri ile tahmin hataları arasında doğru orantı olduğu görülmektedir. Ürünler arasındaki en kötü MAPE değerine sahip Ürün A2'nin varyasyon katsayısı %46, MAPE değeri % 22, Ürün B1'nin varyasyon katsayısı %26, MAPE değeri %19,5 Ürün A1'nin varyasyon katsayısı %22, MAPE değeri %18,0, Ürün B2'nin varyasyon katsayısı %19, MAPE değeri %5,6'dır. MAPE değerleri, %10-%20 olan modeller literatürde iyi model kategorisine girse de ileriki çalışmalarda zaman serisi modellerinden farklı Nedensel tahmin teknikleri vb. yöntemler kullanılarak analizler tekrar gözden geçirilebilir.

Karar destek sistemleri günümüz teknoloji çağında hızlı ve kolay tepki alınabilmesinden ötürü iş yapış şekillerimizi yönlendirmektedir. Holt-Winter yöntemi için oluşturulan karar destek sistemi ile tahmin sonuçları optimize edilebilecek ve farklı parametrelerde duyarlılık analizi yapılarak ürün talep tahmini kolaylaştırarak arz zinciri operasyonları için strateji belirleme sürecine katkı sağlayacaktır.

İleride yapılacak talep tahmini çalışmalarında karar destek sistemine farklı yöntemler eklenebilir ve daha ayrıntılı analiz yapılmasına olanak sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Adjepong, M., et al.,2013. Determining the Better Approach for Short-Term Forecasting of Ghana's Inflation: Seasonal-ARIMA vs. Holt-Winters. International Journal of Business, Humanities and Technology, Gana, 3, No:1.
- Alsharif,M.H., Younes,M.K.,Kim,J.,2019. Time Veries ARIMA Model for Prediction of Daily and Monthly Average Global Solar Radiation: The Case Study of Seoul, Symmetry, Güney Kore, 11: 240. doi:10.3390/sym11020240
- Akdağ M.,2015, Box-Jenkins ve Yapay Sinir Ağı Modelleri ile Enflasyon Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimler Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 72s.
- Akdeniz, F.,1991. İstatistik Yöntemler,Nobel Kitabevi, Adana, 548s.
- Akgül, I.,2003.Zaman Verilerinin Analizi ve ARIMA Modelleri. İstanbul: Der Yayınları.
- Babai, M.Z., Ali, M.M., Boylan, J.E., Syntetos, A.A,2011. Forecasting and inventory performance in a two-stage supply chain with ARIMA(0,1,1) demand: Theory and empirical analysis. Int. J. Production Economics, Fransa, 143:463–471. doi:10.1016/j.ijpe.2011.09.004
- Barska, M., 2014. Seasonality testing for macroeconomic time veries – comparison of X-12-ARIMA and TRAMO/SEATS procedures. Silesian Statistical Review, Nr 12-18,Polonya s. 121-139. DOI: 10.15611/sps.2014.12.07
- Balaji, K., Senthil Kumar, V.S., 2014. Multicriteria Inventory ABC Classification in an Automobile Rubber Components Manufacturing Industry. Procedia CIRP 17, Hindistan, 463-468. doi: 10.1016/j.procir.2014.02.044
- Bernstein, P., L., 1996. Against the Gods: The Remarkable Story of Risk. ABD, John Wiley & Sons, Inc.,400s.

- Bulut, Ş.,2006. Orta ölçekli bir işletmede talep tahmin yöntemlerinin uygulanması.Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale,55s.
- Büyükşahin., Ü.,Ç., Ertekin, Ş., 2019. Improving forecasting accuracy of time veries data using a new ARIMA-ANN hybrid method and empirical mode decomposition. *Neurocomputing*, Türkiye, 3, 151-163. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.05.099>
- Box, G. E. P.,Jenkins,G.M.,Reinsel,G.C.,Ljung, G.M.,2015.Time Veries Analysis: Forecasting and Control 5th Edition, John Wiley and Sons Inc.,ABD, 712s. <https://doi.org/10.1111/jtsa.12194>
- Brockwell,P.J., Richard, A. D.,2002, Introduction to Time Veries and Forecasting 2nd Edition, Springer-Verlag New York, ABD, 437s. DOI:10.1007/b97391
- Chatfield,C., 2003. The Analysis of Time Veries An Introduction 6th Edition, Chapman and Hall/CRC,İngiltere,352s.
- Chen, J. F., Wang W.M., Huang C.M.,1995. Analysis of an adaptive time-veries autoregressive moving-average (ARMA) model for short-term load forecasting. *Electric Power Systems Research*, Tayvan, 34:187-196.
- Chang. D., et al., 2019. Detecting the issues of population aging by using ARIMA model. *ICIC International*, Tayvan, 10,1,39-45. DOI: 10.24507/icicelb.10.01.39
- Chu, F.L., 2009. Forecasting tourism demand with ARMA-based methods. *Tourism Management*, Tayvan, 30:740–751. doi:10.1016/j.tourman.2008.10.016
- Cillov H.,1993. İktisadi Olaylara Uygulanan İstatistik Metodları, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, No: 3801/545.
- Cryer, D., J., Chan, K., 2008. Time Series Analysis With Applications in R Second Edition, Springer, ABD, 501s.

- Çağlı G, 2017, Mevsimlik Olmayan Box-Jenkins Modellerinde İki Aşamalı Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması, Apjes 5-3, Türkiye, 123-130. DOI: 10.21541/apjes.335424
- Çuhadar, M.,Kayacan C.,2005.Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Konaklama İşletmelerinde Doluluk Oranı Tahmini: Türkiye'deki Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Deneme, Anatolia:Turizm Araştırmaları Dergisi,Türkiye, 16(1):24-30.
- Dantas, T., M., et al., 2016. Air transportation demand forecast through Bagging Holt Winters methods. Journal of Air Transport Management, Brezilya, 59, 116-123.
- Duru, Ö.,2007. Zaman Verileri Analizinde ARIMA Modelleri ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi,Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, s88.
- Eatwell J., Milgate M, Newman P, 1990, Time Veries and Statistics, Palgrave Macmillan,Hong Kong, 325s. doi:10.1007/978-1-349-20865-4
- Elder, J. & Kennedy, P.,2001. Testing For Unit Roots: What Should Students Be Taught?.Journal Of Economic Education, 32(2), 137-146.
- Enders, W. 2004. Applied Econometric Time Veries Analysis, John Wiley and Sons, Kanada, 460s.
- Ertek T., 2000, Ekonometriye Giriş, Beta Basım Yayınları, İstanbul,446s.
- Fahey, R., Randall, R.,M., 1997. Learning from the Future: Competitive Foresight Scenarios. John Wiley & Sons, ABD,464s.
- Frechtling, D., C., 2001 Practical Tourism Forecasting. Butterworth-Heinemann, İngiltere, 256s.
- Gairaa, K., Khellaf, A., Messlem, Y., Chellai, F., 2016. Estimation of the daily global solar radiation based on Box-Jenkins and ANN models: A combined approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 57: 238-249. doi: 10.1016/j.rser.2015.12.111

- Grubb,H., Mason,A., 2001. Long lead-time forecasting of UK air passengers by Holt–Winters methods with damped trend. *International Journal of Forecasting*, İngiltere, 17: 71–82. PII: S0169-2070(00)00053-4
- Gooijer, J., Hyndman, R., 2006. 25 Years of Time Veries Forecasting. *International Journal of Forecasting*, ABD, 22-3, 443-473.
- Hanke, J., E., Wichern, D., 2009. *Business Forecasting 9th Edition*. Pearson, İngiltere, 584 s.
- Hao, H., 2019. Analysis and Forecast of Resource-based City GDP Based on ARIMA Model. *Advances in Economics, Business and Management Research*, Çin, 76.
- Haris R, Sollis R, 2003. *Applied Time Veries Modelling and Forecasting*, J. Wiley ,İngiltere, 302s.
- Hassan J.,2014. ARIMA and regression models for prediction of daily and monthly clearness index. *Renewable Energy*,BAE, 68:421-427. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.02.016>.
- Hikichi, S.E., Salgado, E.G., Beijo, L.A., 2017. Forecasting number of ISO 14001 certifications in the Americas using ARIMA models. *Journal of Cleaner Production*, Brezilya, 147: 242-253. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.084>
- Hirose, K., Kawano,S., Konishi, S.,Ichikawa, M., 2011. Bayesian Information Criterion and Selection of the Number of Factors in Factor Analysis Models, *Journal of Data Science*, Tokyo , 9: 243-259.
- Holden, K., Peel, D., A., Thompson J., :L., 1990. *Economic forecasting: an introduction*. Cambridge University Press, İngiltere, 221s.
- Huand, Y., F., et al., 2015. Analysis of monthly and seasonal rainfall trends using the Holt’s test. *International Journal Of Climatology*, Malezya, 35, 1500-1509.

- Hyndman R.J. ve Athanasopoulos G.,2018, Forecasting: Principles and Practice 2nd Edition, Otexts, Avustralya, 292s.
- Hyndman, R., et al., 2009. Forecasting with Exponential Smoothing: The State Space Approach. *International Statistical Review*, , 77(2),315-316. DOI: 10.1111/j.1751-5823.2009.00085_17.x
- Işık, A.,2006. İstatistik 2, Beta Basım Yayım, İstanbul, 700s.
- Krishnaraj, B., Meenakshi, P.,2016. A Study on ABC-XYZ Analysis in a Pharmacy Store, *International Journal of Mathematics and Statistics Invention*, Hindistan, 4:24-26.
- Karahan, M., 2015. Yapay Sinir Ağları Metodu İle İhracat Miktarlarının Tahmini: ARIMA ve YSA Metodunun Karşılaştırmalı Analizi. *Ege Akademik Bakış*, Türkiye, 15:165-172.
- Kurt S.,2013, Bazı İllere İlişkin Yağış Miktarı Verisinin Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Zaman Verileri Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Lim. C., Chang, C., McAleer, M., 2008. Forecasting h(m)otel guest nights in New Zealand. *International Journal of Hospitality Management*, 28: 228–235. doi:10.1016/j.ijhm.2008.08.001
- Maia, A. L. S., Carvalho, F.A.T, 2011. Holt's exponential smoothing and neural network models for forecasting interval-valued time veries . *International Journal of Forecasting*, Brezilya,27:740-759. doi:10.1016/j.ijforecast.2010.02.012
- Martinovic, J., Damnjanovic, V., 2006. The sales forecasting techniques. *International Scientific Days*, Slovakiya.
- Montgomery,D., Jennings,C.L.,Kulahci,M.,2008. Introduction To Time Veries Analysis and Forecasting, Wiley, Kanada, 472s.

- Müller, J., Bogenberger, K., 2015. Time Veries Analysis Of Booking Data Of A Free-Floating Carsharing System In Berlin. *Transportation Research Procedia,Almanya*, 10:345 – 354. doi: 10.1016/j.trpro.2015.09.084
- Ohyver, M., Pudjihastuti,H., 2018. Arima Model for Forecasting the Price of Medium Quality Rice to Anticipate Price Fluctuations. *Procedia Computer Science, Endonezya*, 135:707–711. Doi:10.1016/j.procs.2018.08.215
- Ostertagová, E., Ostertag, O., Kováč, J., 2014. Methodology and Application of the Kruskal-Wallis Test, *Applied Mechanics and Materials, İsviçre*, 611, 115-120. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.611.115
- Özoğuz, K.,1986. Zaman Verilerinde Trend Fonksiyon Tipinin Belirlenmesi ve Yorumu. *İktisat Fakültesi Mecmuası, İstanbul*, 42, 1-4.
- Öztemel, E., 2006. *Yapay Sinir Ağları*. 2. Baskı. İstanbul,Papatya Yayıncılık.
- Pandya, B., Thakkar, H.,2016. A Review on Inventory Management Control Techniques: ABC-XYZ Analysis. *REST Journal on Emerging trends in Modelling and Manufacturing, Hindistan*, 2,3, 82-86.
- Paul, J., C., Hoque, S., Rahman, M., M., 2013. Selection of Best ARIMA Model for Forecasting Average Daily Share Price Index of Pharmaceutical Companies in Bangladesh: A Case Study on Square Pharmaceutical Ltd. *Global Journal of Management and Business Research Finance,Bangladeş*, 13,3.
- Petropoulos, F., ve Ark., 2018. Judgmental selection of forecasting models, *Journal of Operations Management,İngiltere*, 60, 34-46.
- Puah Y.J. ve Ark., 2016. River catchment rainfall veries analysis using additive Holt–Winters method. *Journal of Earth System Science, Malezya*,125:269–283.
- Rahman, H., ve Ark., 2016. Revenue Forecasting using Holt–Winters Exponential Smoothing. *Research & Reviews: Journal of Statistics, Bangladeş*, 5-3,19-25.

- Ramos, P., Santos, N., Rebelo, R., 2015. Performance of state space and ARIMA models for consumer retail sales forecasting. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Portekiz, 34,151-163. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2014.12.015>
- Reiter, B., S., et al., 2011. Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Almanya, 61,4, 445-451.
- Rowe, G., Wright, G., 1999. The delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *International Journal of Forecasting*, Norveç, 15(4):353–375.
- Scholz-Reiter ve ark., 2012. Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Almanya, 61(4):445 – 451. doi: 10.1108/17410401211212689
- Segura, J., V., Vercher, E., 2001. A spreadsheet modelling approach to the Holt-Winters optimal forecasting. *European Journal of Operational Research*, İspanya, 131, 375-388.
- Siddarth Sai, M., S., ve ark., 2018. A Study And Discussion On ABC Analysis Of Stores At Nizam’s Institute Of Medical Sciences, A 1300 Bedded Tertiary Care Teaching Hospital At Hyderabad. *IOSR Journal of Business and Management*, Hindistan. 20, 6. DOI: 10.9790/487X-2006085961
- Snipes, M., Taylor, D.C., 2014, Model selection and Akaike Information Criteria: An example from wine ratings and prices, *Wine Economics and Policy*, ABD, 3:3–9.
- Stojanović, M., Regodić, D., 2017. The Significance of the Integrated Multicriteria ABC-XYZ Method for the Inventory Management Process, *Acta Polytechnica Hungarica*, Sırbistan, 10, 5.
- Temiz, İ., Temuçin, T., 2016. Türkiye Dış Ticaret İhracat Hacminin Projeksiyonu: Holt-Winters Ve Box-Jenkins Modellerinin Bir Kıyaslaması, Süleyman

- Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Türkiye, 21:937-960.
- Tirkeş, G., Güray, C., Çelebi, N., 2017. Demand Forecasting: A Comparison Between The Holt-Winters, Trend Analysis And Decomposition Models. Technical Gazette 24, Suppl. 2:503-509. <https://doi.org/10.17559/TV-20160615204011>
- Tratar,L.F., Strmcnik,E., 2016. The comparison of Holt-Winters method and Multiple regression method: A case study. Energy, Slovenya, 109:266-276. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.04.115>
- Tsui, W.H.K., Özer Ballı, H., Gilbey, A., Gow, H., 2013 Forecasting of HongKong airport's passenger throughput. Tourism Management, HongKong, 42, 62-76. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2013.10.008>
- Tüzemen, A., Yıldız, Ç., 2018. Holt-Winters Tahminleme Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi: Türkiye İşsizlik Oranları Uygulaması. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Türkiye, Cilt: 32, Sayı: 1.
- Uğurlu E,2009, Durağanlık ve Birim Kök Sınamaları, İstanbul, sf 17.
- Uyanık, G., K., Güler, N., 2013. A study on multiple linear regression analysis. Procedia - Social and Behavioral Sciences, Sakarya Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Türkiye, 234-240.
- Viglioni, C., M.,2007, Methodology for Railway Demand Forecasting Using Data Mining. SAS Global Forum, Brezilya.
- Wang, S., Chaovalitwongse, W., A., 2011. Evaluating and Comparing Forecasting Models. Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science. DOI: 10.1002/9780470400531.eorms0307
- William, D.D.,1992 A statistical analysis ofmonitored data for methane prediction. PhD thesis, University of Nottingham. Doktora Tezi, Maden Mühendisliği Bölümü, Nottingham Üniversitesi, İngiltere, 212s.

Wei, W. W. S. 2006. Time Veries Analysis, Univariate and Multivariate Methods
2nd edition. Addison Wesley,ABD, 614s.

Winston, M., KM, M., 2018. Weather Forecasting: From the Early Weather
Wizards to Modern-day.

Weather Predictions. Journal of Climatology & Weather Forecasting, Botsvana,6,2.
DOI: 10.4172/2332-2594.1000229

Zellner, A., 2004. Statistics, Econometrics and Forecasting, Cambridge University
Press, İngiltere, 184s.

Zrilic, A., 2013. Six Steps Inventory Optimization. lulu.com, First Edition edition.
ABD. 128s.

İnternet Kaynakları

<http://blog.olivehorse.com/sap-apo-abc-xyz-forecast-optimisation>

<http://www.tedarikzinciri.net/2014/11/abc-analizine-giris>

https://www.uni-due.de/imperia/md/content/tul/download/en_ss2015_lm01_le_abc_analysis.pdf

https://ncss-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/themes/ncss/pdf/Procedures/NCSS/The_Box-Jenkins_Method.pdf

TÜİK,Türkiye Yıllık Nüfus Sayısı,<http://www.tuik.gov.tr/>

TÜİK , Türk Lirası-ABD Doları Paritesi, <http://www.tuik.gov.tr/>

https://earthobservatory.nasa.gov/features/WxForecast_ng/wx2.php



ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Mersin’de doğdu. 2010 yılında Lisans eğitimini Gaziantep Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde tamamladı. Gaziantep’te Sanko Tekstil İşletmelerinde Kalite ve Proses Kontrol Mühendisi olarak 3 yıla yakın bir süre çalıştı. Şu an çalışma hayatına Şişecam Soda Sanayii A.Ş.’de Üretim Planlama Mühendisi olarak devam etmektedir.



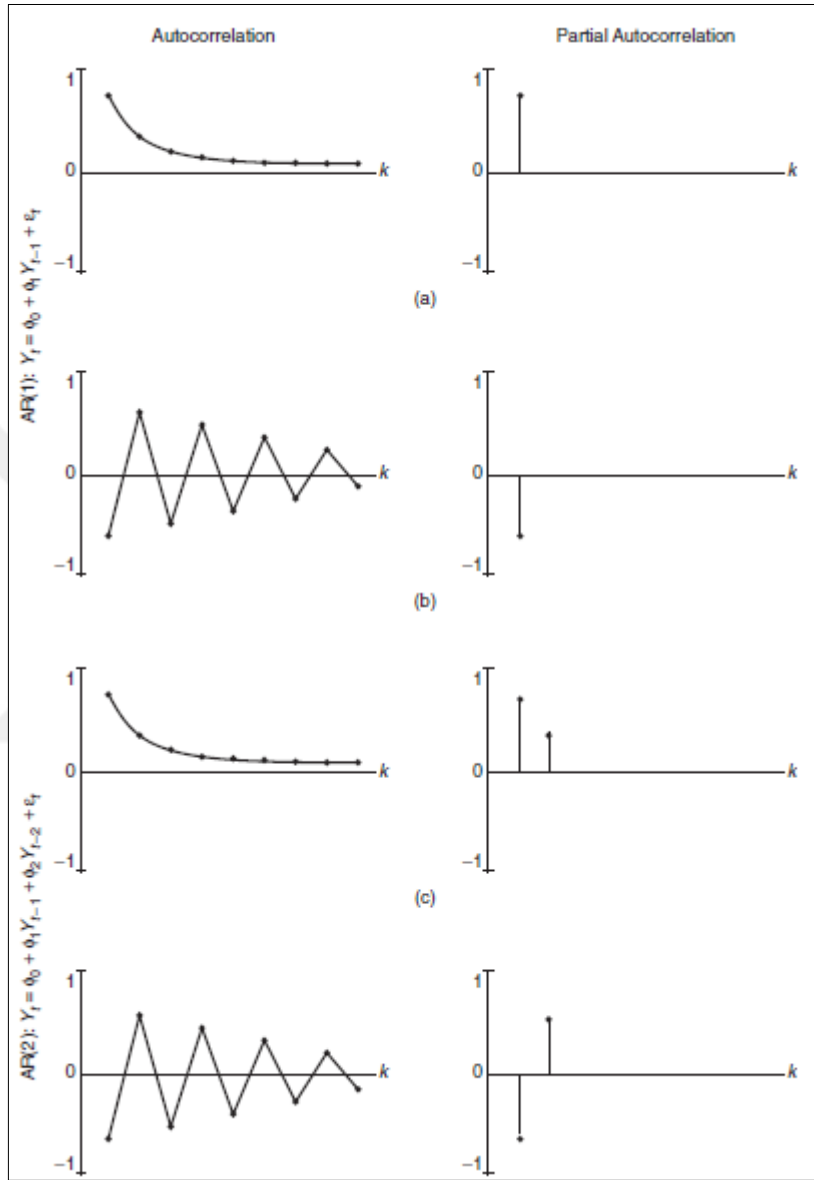


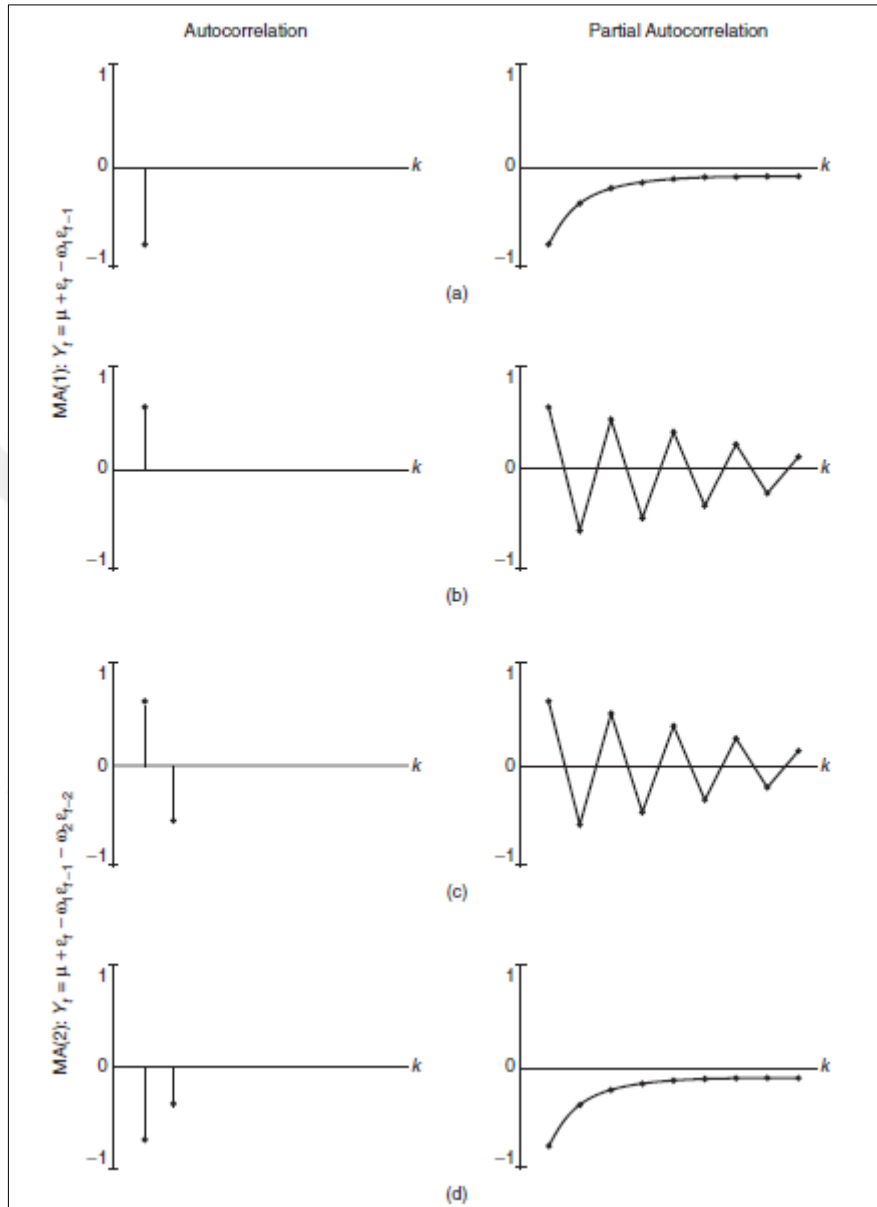


EKLER



Ek 1-ACF ve PACF Davranışları





Ek 2-Varyasyon Katsayısı Hesaplamaları

Ürün A1	4.682	4.277	4.815	3.024	3.285	4.833	4.602	2.585	2.060	4.118	4.797	4.535	47.610	973	25%
Ürün B1	1.314	1.127	908	996	1.419	1.077	1.620	723	1.272	1.094	1.299	1.188	14.036	239	20%
Ürün A2	2.477	2.319	3.270	2.650	2.423	2.877	2.590	2.130	2.877	3.362	3.420	4.110	34.504	546	19%
Ürün B2	824	739	698	605	786	547	587	673	676	679	572	649	8.035	81	12%
Ürün A3	2.855	2.027	1.700	4.623	2.898	2.075	3.255	3.651	2.000	2.826	1.522	2.785	32.215	890	33%
Ürün B3	625	236	1.201	867	429	613	818	626	882	734	605	822	8.458	245	35%
Ürün C1	2.076	1.659	1.620	2.640	2.010	1.320	540	1.230	1.770	2.130	1.500	720	19.215	596	37%
Ürün C2	987	1.068	1.920	1.542	1.356	1.263	1.641	1.281	233	1.158	264	150	12.863	576	54%
Ürün D1	804	978	942	873	1.083	486	546	224	719	939	569	1.311	9.473	297	38%
Ürün C3	855	656	1.169	641	164	141	170	161	182	174	84	72	4.466	363	98%
Ürün A4	398	390	366	489	456	992	923	243	888	714	699	492	7.049	247	42%
Ürün A5	450	90	23	405	608	270	203	990	68	743	630	248	4.725	300	76%
Ürün D2	248	215	452	534	648	300	375	149	284	366	303	552	4.424	150	41%
Ürün E1	323	224	244	284	269	184	392	152	159	224	299	293	3.048	71	28%
Ürün E2	131	173	140	127	266	222	245	159	134	135	135	121	1.990	50	30%
Ürün B4	36	36	0	0	342	468	216	72	72	288	216	0	1.746	157	108%
Ürün F1	131	155	21	8	219	99	84	144	135	66	42	23	1.125	65	69%
Ürün G1	109	13	65	69	4	111	67	122	139	74	8	84	865	45	62%
Ürün A6	35	35	54	65	147	87	44	54	135	75	33	105	867	39	54%
Ürün H1	120	93	0	60	104	105	30	15	102	65	15	2	710	45	76%
Ürün G2	0	0	35	0	0	0	0	0	124	0	166	248	573	84	177%
Ürün A7	68	68	0	68	68	0	0	0	68	45	68	0	450	34	90%
Ürün G3	20	43	0	0	0	20	59	4	20	55	0	59	277	24	105%
Ürün K1	42	65	0	54	60	30	0	0	61	49	46	0	407	27	79%
Ürün F2	0	2	2	0	95	30	0	2	56	59	26	0	269	32	141%
Ürün L1	35	0	0	63	0	15	8	0	42	0	33	0	195	22	133%
Ürün M1	30	0	2	47	30	0	0	5	30	30	0	0	173	17	121%
Ürün P1	44	8	15	5	11	0	11	27	5	2	8	5	137	12	109%
Ürün S1	2	0	3	0	0	0	2	0	0	3	2	0	12	1	128%
Ürün T1	0	0	0	0	0	0	3	2	2	2	3	0	11	1	136%
Ürün D3	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	1	234%
Ürün Y1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	249%

Ek 3-ABC-XYZ Analizi

Ürün kodu	Tutar (Bin TL)	Yüzde (%)	Birikimli Yüzde (%)	A-B-C Sınıfı	Varyasyon Katsayısı	X-Y-Z Sınıfı
Ürün A1	97.481	15%	15%	A	25%	X
Ürün B1	91.323	14%	29%	A	20%	X
Ürün A2	66.821	10%	39%	A	19%	X
Ürün B2	66.134	10%	49%	A	12%	X
Ürün A3	65.113	10%	59%	A	33%	Y
Ürün B3	64.663	10%	69%	A	35%	Y
Ürün C1	58.180	9%	77%	A	37%	Y
Ürün C2	45.852	7%	84%	B	54%	Y
Ürün D1	20.688	3%	87%	B	38%	Y
Ürün C3	15.215	2%	90%	B	98%	Z
Ürün A4	14.506	2%	92%	B	42%	Y
Ürün A5	9.923	2%	93%	B	76%	Z
Ürün D2	9.382	1%	95%	B	41%	Y
Ürün E1	9.169	1%	96%	C	28%	X
Ürün E2	6.500	1%	97%	C	30%	Y
Ürün B4	5.857	1%	98%	C	108%	Z
Ürün F1	2.357	0%	98%	C	69%	Y
Ürün G1	1.886	0%	99%	C	62%	Y
Ürün A6	1.789	0%	99%	C	54%	Y
Ürün H1	1.386	0%	99%	C	76%	Z
Ürün G2	1.351	0%	99%	C	177%	Z
Ürün A7	945	0%	100%	C	90%	Z
Ürün G3	540	0%	100%	C	105%	Z
Ürün K1	526	0%	100%	C	79%	Z
Ürün F2	465	0%	100%	C	141%	Z
Ürün L1	341	0%	100%	C	133%	Z
Ürün M1	309	0%	100%	C	121%	Z
Ürün P1	283	0%	100%	C	109%	Z
Ürün S1	54	0%	100%	C	128%	Z
Ürün T1	24	0%	100%	C	136%	Z
Ürün D3	5	0%	100%	C	234%	Z
Ürün Y1	5	0%	100%	C	249%	Z

Ek 4- Ürün A1 Verisinin ACF ve PACF Değerleri

Gecikme	ACF	PACF	Gecikme	ACF	PACF
1	0,3382	0,3382	13	0,0709	0,1036
2	0,1076	-0,0076	14	0,1186	0,0040
3	0,0861	0,0587	15	0,0005	-0,0232
4	0,0935	0,0535	16	-0,1279	-0,1403
5	0,0852	0,0380	17	0,0604	0,1540
6	0,0517	0,0055	18	0,1958	0,1796
7	-0,1487	-0,2012	19	0,1721	0,0204
8	0,0593	0,1888	20	0,0011	-0,0751
9	0,0872	0,0126	21	-0,0148	0,0003
10	0,0281	-0,0103	22	-0,0305	-0,0777
11	0,0356	0,0420	23	0,1788	0,1758
12	-0,0037	-0,0378	24	0,0600	-0,0213

Ek 5- Ürün A2 Verisi ACF ve PACF Değerleri

Gecikme	ACF	PACF	Gecikme	ACF	PACF
1	0,6841	0,6841	13	0,3491	-0,1249
2	0,6405	0,3241	14	0,3695	0,0406
3	0,6195	0,2134	15	0,3053	-0,0655
4	0,5455	0,0254	16	0,2432	-0,1056
5	0,5344	0,0862	17	0,2404	-0,0467
6	0,5064	0,0487	18	0,1864	-0,0673
7	0,5248	0,1383	19	0,1367	-0,0921
8	0,4302	-0,1197	20	0,0837	-0,0706
9	0,4141	-0,0069	21	0,0843	-0,0023
10	0,4256	0,0694	22	0,1396	0,2040
11	0,4139	0,0838	23	0,0378	-0,1430
12	0,4233	0,0615	24	0,0868	0,0666

Ek 6-1.Derece Farkı Alınmış Ürün A2 Verinin ACF ve PACF Değerleri

Gecikme	ACF	PACF	Gecikme	ACF	PACF
1	-0,4653	-0,4653	13	-0,1828	-0,0573
2	-0,0329	-0,3183	14	0,1614	-0,0089
3	0,1255	-0,0608	15	0,0119	0,1028
4	-0,0774	-0,0542	16	-0,2022	-0,0677
5	-0,0048	-0,0506	17	0,1885	0,0031
6	-0,1017	-0,2096	18	-0,0282	0,0109
7	0,2508	0,1340	19	0,0274	0,0697
8	-0,1920	-0,0174	20	-0,0689	0,0782
9	-0,0865	-0,1864	21	-0,1397	-0,2833
10	0,1011	-0,1784	22	0,3124	0,1341
11	-0,0458	-0,1195	23	-0,3051	-0,0292
12	0,1407	0,1566	24	0,2060	0,1069

Ek 7-Ürün B1 Verisinin ACF ve PACF Değerleri

Gecikme	ACF	PACF	Gecikme	ACF	PACF
1	0,2984	0,2984	13	-0,0455	-0,0485
2	0,3167	0,2499	14	-0,1540	-0,1774
3	0,1862	0,0476	15	-0,2358	-0,1266
4	0,0433	-0,1011	16	-0,1405	-0,0094
5	0,1592	0,1293	17	-0,1414	0,0362
6	0,0501	-0,0021	18	-0,2028	-0,1831
7	0,1199	0,0601	19	-0,1547	-0,0265
8	0,0038	-0,0866	20	-0,2427	-0,1238
9	0,0420	0,0317	21	-0,1472	0,0573
10	-0,0105	-0,0405	22	-0,0450	0,0826
11	0,0651	0,0981	23	-0,0631	0,0234
12	-0,0208	-0,0907	24	0,0351	0,0269

Ek 8-Ürün B2 Verisinin ACF ve PACF Değerleri

Gecikme	ACF	PACF	Gecikme	ACF	PACF
1	0,3024	0,3024	13	0,0773	-0,0690
2	0,2269	0,1491	14	0,2470	0,1662
3	0,1903	0,0978	15	0,2014	0,0444
4	0,2989	0,2216	16	0,0762	-0,0722
5	0,4375	0,3300	17	0,0639	-0,0131
6	0,2349	0,0132	18	0,1519	0,1092
7	0,2377	0,0790	19	0,1510	-0,0549
8	0,1821	0,0081	20	0,2283	0,1491
9	0,2004	-0,0243	21	-0,0099	-0,1609
10	0,2440	0,0227	22	0,2158	0,2193
11	0,1552	-0,0358	23	0,0795	-0,1085
12	0,1394	-0,0437	24	0,0499	-0,1032

Ek 9-1.Derece Farkı Alınmış Ürün B2 Verinin ACF ve PACF Değerleri

Gecikme	ACF	PACF	Gecikme	ACF	PACF
1	-0,4577	-0,4577	13	-0,1703	-0,2070
2	-0,0298	-0,3028	14	0,1723	-0,0796
3	-0,0790	-0,3277	15	0,0453	0,0569
4	-0,0225	-0,3781	16	-0,0927	-0,0053
5	0,2239	-0,0719	17	-0,0733	-0,1537
6	-0,1517	-0,1374	18	0,0913	0,0279
7	0,0457	-0,0651	19	-0,0647	-0,1809
8	-0,0588	-0,0705	20	0,2073	0,1121
9	0,0111	-0,0816	21	-0,3121	-0,2376
10	0,0673	-0,0382	22	0,2446	0,0821
11	-0,0467	-0,0260	23	-0,0561	0,0798
12	0,0390	0,0243	24	-0,0652	0,0345

Ek 10-A1 Ürünü Artık Değerleri

Ürün A1	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ocak	20	-186	583	556	-934	-128	1463	815
Şubat	147	205	-274	-86	-250	-766	-1845	13
Mart	2773	372	359	109	-950	-243	-434	724
Nisan	1583	1197	-202	636	425	-786	1039	-1281
Mayıs	1042	-553	856	-258	1249	-415	-789	-370
Haziran	1555	-1470	-256	347	-210	-1826	-1276	1017
Temmuz	-1242	-67	464	-989	-257	796	281	305
Ağustos	1150	-840	159	85	598	-926	-781	-1623
Eylül	-95	461	-110	-318	-1005	-857	372	-1478
Ekim	-532	386	-217	241	1215	-875	-377	725
Kasım	266	965	1104	-772	846	65	-314	709
Aralık	286	-44	-938	302	-1420	1099	-352	254

Ek 11-A2 Ürünü Artık Değerleri

Ürün A2	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ocak	-	-243	-401	4	225	149	182	-275
Şubat	47	411	665	-224	-579	338	-161	-396
Mart	259	-36	1.210	-449	1.074	929	112	619
Nisan	123	-30	-545	-48	-1.347	-706	-604	-170
Mayıs	-82	-399	577	436	-990	17	46	-385
Haziran	-265	-535	245	-1.116	-1.088	-527	-29	130
Temmuz	-81	-572	-265	-837	-242	-383	-262	-214
Ağustos	310	314	219	804	-342	203	1.409	-651
Eylül	-663	192	692	317	-63	-126	-167	218
Ekim	-337	295	431	567	673	-806	119	626
Kasım	-262	326	-95	254	-292	190	325	513
Aralık	-54	99	300	100	148	42	-162	1.058

Ek 12-B1 Ürünü Artık Değerleri

Ürün B1	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ocak	-161	61	165	-344	-242	-309	-152	259
Şubat	-205	-139	-203	-239	113	-145	-143	-63
Mart	-108	-27	88	-173	51	137	-189	-174
Nisan	130	-103	323	367	57	-118	-203	15
Mayıs	161	255	215	147	41	404	206	477
Haziran	307	-168	330	-418	164	-126	-154	14
Temmuz	-174	17	-105	189	-38	-205	-11	521
Ağustos	-146	134	-213	40	216	-22	-24	-408
Eylül	-40	75	197	-108	17	-93	-187	200
Ekim	-134	485	-251	-122	-249	-418	482	138
Kasım	49	-126	-312	70	-18	-131	-118	236
Aralık	391	-430	-175	-134	217	153	530	126

Ek 13-B2 Ürünü Artık Değerleri

Ürün B2	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ocak	*	-13	-14	67	27	127	-94	128
Şubat	-102	9	154	122	-79	44	-42	37
Mart	-87	161	108	92	-25	-80	-30	-7
Nisan	151	10	-108	-68	148	-25	-93	-102
Mayıs	140	-51	-96	-29	-23	-99	-40	80
Haziran	-110	-80	-25	137	-49	36	75	-164
Temmuz	-122	170	-128	34	-59	153	-52	-121
Ağustos	-44	78	121	157	-44	-24	121	-33
Eylül	-117	-143	24	-72	58	90	1	-31
Ekim	160	116	180	39	51	-141	174	-29
Kasım	-93	-71	-19	153	-140	-94	14	-137
Aralık	-11	110	-112	152	110	-79	-101	-58