Kaotik Talep Verisi ve Konsinye Stok Durumunda Parti Büyüklüğü Belirleme

Ufuk Kantarcı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs 2018

Lot Sizing In The Case of Chaotic Demand and Consignment Stock

Ufuk Kantarcı

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Industrial Engineering

May 2018

Kaotik Talep Verisi ve Konsinye Stok Durumunda Parti Büyüklüğü Belirleme

Ufuk Kantarcı

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. İnci Sarıçiçek

Mayıs 2018

ONAY

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Ufuk Kantarcı'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Kaotik Talep Verisi ve Konsinye Stok Durumunda Parti Büyüklüğü Belirleme" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman **:** Prof. Dr. İnci Sarıçiçek

İkinci Danışman **:** -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. İnci Sarıçiçek

Üye : Doç. Dr. Gültekin Özdemir

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yeliz Buruk Şahin

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. İnci Sarıçiçek danışmanlığında hazırlamış olduğum "Kaotik Talep Verisi ve Konsinye Stok Durumunda Parti Büyüklüğü Belirleme" başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 21/05/2018

Ufuk Kantarcı

İmza

ÖZET

Üretim ve stok kontrolü, işletmelerin maliyetlerini en küçüklemek amacı ile çalışma yaptıkları alanların başında gelmektedir. Bu amaca ulaşmak üzere yapılan faaliyetlerin temelini talep tahminleri oluşturmaktadır. Yapılan talep tahminleri planlama adımında parti büyülüğünün belirlenmesinde girdi olarak kullanılmaktadır.

Çalışmada niteliksel ve niceliksel tahmin yöntemleri kısaca anlatılmıştır. Ayrıca, parti büyüklüğü belirleme modellerine yer verilmiştir. Ardından, metal sektöründe faaliyet gösteren bir firmaya ait geçmiş dönem verileri ile hareketli ortalamaya oran, üstel düzeltme ve regresyon yöntemleri kullanılarak talep tahmini sonuçları veren talep tahmini sistemi kurulmuştur. Talep tahmin yönteminde kullanılan geçmiş dönem verilerinin Lyapunov Üsteli metoduyla kaotikliğinin tespiti yapılmıştır. Ayrıca, talep tahmini sistemi sonuçları ile konsinye stok durumu için Wagner Whitin Algoritması, revize Wagner Whitin Algoritması ve Minimum Maliyet Algoritması kullanılarak parti büyüklükleri belirleyebilen parti büyüklüğü belirleme sistemi kurulmuştur. Sistemlerden alınan sonuçlar paylaşılmış ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaotik Talep, Talep Tahmini, Konsinye Stok, Parti Büyüklüğü, Wagner Whitin Algoritması, Minimum Maliyet Algoritması

SUMMARY

Production and inventory control are among the areas where firms work with the aim of minimizing the costs of enterprises. The activities to succeed this purpose is based on demand forecasts. The result of demand forecasts are used as inputs to determine the lot sizing during the planning step.

Qualitative and quantitative demand forecasting methods are briefly described in the study. In addition, lot sizing determination models are included. Then, a demand forecasting system, which provides the demand forecast results by using the ratio of moving average, exponential correction and regression to the past period data of a company operating in the metal sector, is established. Determination of the chaosity of the past period data used in the demand forecasting methods is made by the Largest Lyapunov Exponent method. In addition, a system for determining the lot sizing was established using the Wagner Whitin algorithm, the revised Wagner Whitin algorithm and the Minimum Cost Algorithm for the consignment stock status with the demand forecasting system results. The results from the systems are shared and evaluated.

Keywords: Chaotic Demand, Demand Forecasting, Consignment Stock, Lot Sizing, Wagner Whitin Algorithm, Minimum Cost Algorithm

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında, çok kıymetli fikir, öneri ve teşviklerini sunan, yardım ve desteğini hep hissettiğim ve bana değerli zamanını ayıran danışman hocam Sayın Prof. Dr. İnci Sarıçiçek'e sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Ayrıca, yardımlarını hiç esirgemeyen Seren Durmuş'a ve Büşra Gürel'e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan başta biricik kızım Zeynep İkra Kantarcı olmak üzere eşim ve aileme de sonsuz teşekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET vi
SUMMARY vii
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
1. GİRİŞ VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 1
2. TALEP TAHMİNİ VE ÜRETİM PLANLAMADAKİ YERİ 6
2.1. Geleceğin Tahmini 6
2.2. Talep Tahmini Kavramı 7
2.3. Talep Tahmininin Üretim Planlama İçindeki Yeri ve Önemi 8
2.4. Talep Tahminlerinin Çeşitleri 9
2.5. Talep Tahmin Yöntemleri 10
2.5.1. Yapısal olmayan teknikler 12
2.5.2. Yapısal – niteliksel teknikler 12
2.5.2.1 Delphi tekniği 12
2.5.2.2 Pazar araştırması yöntemi 14
2.5.2.3 Ömür eğrisi 14
2.5.3. Yapısal – niceliksel teknikler 14
2.5.3.1 Zaman serisi analizleri 14
2.5.3.2 Çok etmenli analizler 19
3. PARTİ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME MODELLERİ 24
3.1. Kesikli Sipariş Algoritması 25
3.2. Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli 26
3.3. Silver-Meal Algoritması 28
3.4. En Düşük Birim Maliyet Yöntemi 29
3.5. Parça Dönem Algoritması 30
3.6. Wagner Whitin Algoritması 30
3.7. Zangwill Algoritması 33
3.8. Gencer'in Minimum Maliyet Algoritması 33

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4. SOĞUK ŞEKİLLENDİRME YAPAN BİR İŞLETME İÇİN TALEP TAHMİNİ SİSTEMİ ……. 36
4.1. İşletmede Talep Tahminindeki Zorluklar ……..……..…..……..… 36
4.2. ABC-XYZ Analizi ile Ürünlerin Seçimi ……...……...……..... 39
4.3. Kaotik Verilerin Analizi ..…..……...…...…..…..……...……...…..…… 39
4.3.1. Kaos nedir? ……...…...……...……..…… 39
4.3.2. Kaotik analiz yöntemleri ……...……..…..……...…..…… 40
4.3.3. En büyük Lyapunov üsteli metodu ……...……...…..…..... 42
4.3.4. Faz uzayının oluşturulması ……...……...…..…..……...…… 43
4.3.5. Zaman gecikmesinin belirlenmesi ..…..…...……..…..…...……...…… 43
4.3.6. Gömülü (Yerleştirme) boyutun belirlenmesi ……...…..…...……..…… 44
4.3.7. En büyük Lyapunov üstelinin hesaplanması ..…...……...…..……...……..… 45
4.3.8. Geçmiş dönem satışlarındaki kaotikliğin, Lyapunov üsteli metodu ile MATLAB programında incelenmesi…….……..…….46
4.4. Önerilen Talep Tahmin Sisteminin Tanıtılması ……...…...……...……...…… 52
4.5. Talep Tahmin Sisteminden Alınan Sonuçların Analizi ..…..……...…...…..…… 63
5. STOK DIŞI KALMA CEZASI İÇEREN BİR ÜRETİM SİSTEMİ İÇİN PARTİ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME …..……...……...……...… 68
5.1. Konsinye Stok Nedir? …….……...……...……...……..… 68
5.2. Parti Büyüklüğü Belirlemenin Önemi ……..……...…..……...……...…..…… 70
5.3. Önerilen Parti Büyüklüğü Belirleme Sistemi ……...…..…..……...…..…...…… 71
5.4. Parti Büyüklüğü Sisteminden Alınan Sonuçların Değerlendirilmesi.……...…..…...…… 84
6. SONUÇ VE ÖNERİLER …….……..……..……...……...……..…… 87
KAYNAKLAR DİZİNİ ……...……...……...……..…… 89

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

2.1. Geleceği tahmin çabaları ve maliyetler …….. 7
2.2. Talep tahmin yöntemleri ……..…….. 11
2.3. Regresyon Doğrusu ……..…….... 20
3.1. Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli ……..…… 26
4.1. U1'e ait aylık gerçekleşen talepler (Ocak 2010 – Aralık 2016) ……..……...… 38
4.2 ABC-XYZ Analizi ……...……..…….. 39
4.3. Kaotik zaman serisinin analizine ait işlemler ……..……..…… 41
4.4. Lyapunov üstelinin hesaplanması ……..……..… 45
4.5. Satış miktarlarını içeren veriler sayfası ……...……...……... 46
4.6. U1 parçası için ortak bilgi fonksiyonunun formüllerini kullanmak üzere çağıran komut penceresi ……..…… 47
4.7. U1 parçası için zaman gecikmesinin bulunmasında kullanılan ortak bilgi fonksiyonu grafiği ……..……...……..… 48
4.8. U1 parçası için en yakın yanlış komşular fonksiyonunun formüllerini kullanmak üzere çağıran komut penceresi ……..……...……. 49
4.9. U1 parçası için yerleştirme boyutunun bulunmasında kullanılan en yakın yanlış komşular grafiği ……...……..…… 49
4.10. U1 parçası için en büyük Lyapunov üstelinin formüllerini kullanmak üzere çağıran komut penceresi ……...……..……...…….. 50
4.11. Tasarlanan talep tahmin sisteminin başlangıç arayüzü ……...… 53
4.12. Talep tahmini yapmak için ürün seçimi arayüzü …… 54
4.13. Ürüne ait kod, dönem, tarih ve satış miktarlarını gösteren veri sütunları (U1 için) …..……. 54
4.14. U1'e ait satış miktarları grafiği ……... 55
4.15. Talep tahmin yönteminin seçilmesi için kullanılan arayüz …… 56
4.16. Hareketli ortalamaya oran yöntemi bilgilendirme arayüzü …… 56
4.17. Başlangıç döneminden itibaren veri alınmasını sağlayan arayüz (U1 için) ……... 57
4.18. Ürün bilgileri ve hareketli ortalamaya oran yöntemi ile tahmin sonucunun gösterildiği arayüz (U1 için) ……. 58
4.19. Dönem toplamı değiştirme çubuklarının arayüzü ……... 58
4.20. Geçmiş dönem satışları ve tahminler grafiği (U1 için) ……...……... 59

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.21. Hareketli ortalamaya oran yöntemi ile talep tahmininde,
arka planda hesaplamaları yapan sayfanın arayüzü …… 60
4.22. Hareketli ortalamaya oran yöntemi ile talep tahmininde,
arka planda hesaplamaları yapan sayfanın arayüzü (Devamı) ……..….. 61
4.23. Üstel düzeltme yöntemi bilgilendirme arayüzü …….. 61
4.24. Ürün bilgileri, üstel düzeltme yöntemi ile elde edilen tahmin sonuçları
ve geçmiş dönem satışları ve tahminler grafiğinin gösterildiği arayüz (U1 için) ……... 62
4.25. Regresyon yöntemi bilgilendirme arayüzü ……. 62
4.26. Verilerin sahip olduğu trend ile ilgili bilgilendirme mesaj kutusu ……..…….. 63
4.27. Regresyon formülleri ile hesaplamaların sonuçlarını gösteren arayüz (U1 için) ……... 63
4.28. Seçilen 10 kritik ürünün 2017 yılı ay bazındaki geçmiş dönem satış miktarları ……..……. 64
4.29. 10 ürünün tek tek hareketli ortalamaya oran yöntemi ile tahmini ve
tahmin ile gerçekleşenler arasındaki oranlarını gösteren arayüz ……. 65
4.30. Ürünlerin aylık dönem toplamları oranlarının ortalamaları ……..……. 66
4.31. Düzeltme katsayıları ……...…… 66
4.32. Düzeltilmiş tahminlerin bulunduğu sayfanın genel görünümü (U1 için) ……... 67
4.33. Düzeltme katsayısı ekle butonu, hesaplanmış düzeltilmiş tahminler
ve gerekli palet sayıları (U1 için) …… 68
5.1. Konsinye stokta oluşan maliyetlerin paylaşımı, parça akışı ve bilgi akışı ……..……...…. 70
5.2. Tasarlanan parti büyüklüğü belirleme sisteminin başlangıç arayüzü ……...……...…..… 73
5.3. Parti büyüklüğü belirleme sistemi veri tabloları ……. 73
5.4. Parti büyüklüğü belirleme yönteminin seçilmesi için kullanılan arayüz ……..... 78
5.5. Wagner Whitin Algoritması için ürün seçimi penceresi ……..……... 79
5.6. Wagner Whitin Algoritmasında kullanılacak olan seçilen ürüne ait veriler (U1 için) ……... 80
5.7. Wagner Whitin Algoritması çözüm sonuçları (U1 için) ……. 80
5.8. Revize Wagner Whitin Algoritması için ürün seçimi penceresi …… 81
5.9. Revize Wagner Whitin Algoritması dönembaşı stok miktarı uyarı penceresi ……..… 82
5.10. Revize Wagner Whitin Algoritmasında kullanılacak olan seçilen
ürüne ait veriler (U1 için) ……... 82
5.11. Revize Wagner Whitin Algoritması çözüm sonuçları (U1 için) …… 83

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

5.12. Gencer Minimum Maliyet Algoritması için ürün seçimi penceresi ……... 84
5.13. Gencer Minimum Maliyet Algoritmasında kullanılacak olan seçilen
ürüne ait veriler (U1 için) ……... 84
5.14. Gencer Minimum Maliyet Algoritması çözüm sonuçları (U1 için) ……... 85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.1. U1 parçası için bulunan lambda değerleri ……..…….. 51
4.2. Tüm parçalar için en büyük Lyapunov üsteli (Largest Lyapunov Exponent – LLE) …....….. 51
5.1. Parti büyüklüğü belirleme sisteminden alınan sonuçlar…….……87

1. GİRİŞ VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüz koşullarında özellikle üretim yapan işletmelerin varlığını sürdürebilmesi için maliyetlerini azaltarak karlılıklarını artırması çok önemlidir. Bunu yapabilmek için ise çok iyi bir gelecek planı yapılmalıdır. Gelecek planı yapmak, içerisinde pek çok belirsizlik barındırdığından çok zor bir iştir. Belirsizliklere rağmen gelecek dönemlere ait tahminlerde bulunmak, tüm sektörler için gerekli olan başarılı yönetim ve doğru stratejik planlamaların temelinde yer almaktadır. Üretim yapan işletmeler gelecek dönemler için kararlar alırken, talep tahmini yöntemlerini kullanarak satın alma ve üretim faaliyetlerini planlamaktadır. Bunun sonucunda stok maliyetleri, üretim hazırlık maliyetleri, işçilik maliyetleri gibi başlıca maliyetlerin en küçüklenmesi amaçlanmaktadır.

Karar verme sürecinde başarılı olabilmek ve iyi kararlar vermek amacı ile gelecekte ne olacağını tahmin etmek sıklıkla karşılaşılan bir problemdir. Bu problem ile sadece günlük yaşantıda değil iş dünyasında da yüz yüze kalınabilir. Gelecek durumları öngörmek için varsayımlarda bulunmaktansa belli yöntemler kullanmak tahmin terimini oluşturmuştur. Günümüzün müşteri odaklı üretim sistemlerinde, talep tahmini hiç olmadığı kadar önem kazanmıştır. İyi tahminlerin ödüllerinin yanında kötü tahminlerin cezaları da oldukça büyük olmaktadır. Talep tahmininin gerçekleşene yakın yapılmadığı durumlarda işletmelerde yaşanabilecek problemler iki açıdan değerlendirilebilir. Birinci durum, talep tahmininin gerçekleşenin üzerinde yapılmasıdır. Bu durumda işletme hammadde, yedek parça ve yardımcı/sarf malzeme satın almalarını bunun yanında makine ve insan gücü harcamalarını önceden yapmış olacak ve yatırım yapılması gereken noktalarda finans kaynağı arayışına girecektir. İkinci durum, talep tahmininin gerçekleşenin altında yapılmasıdır. Bu durumda ise işletme, müşteri ihtiyacını karşılayamama, ceza ödeme, aşırı navlun, yok satma ve pazar payında azalma ile karşılaşabilecektir. Her iki durum da işletmeler için kabul edilemez olduğundan talep tahmini temelli planlama faaliyetlerinin önemi ortadadır.

Talep tahmini adımından sonraki en önemli planlama faaliyeti parti büyüklüklerinin belirlenmesidir. Parti büyüklüğü belirleme problemleri üretim sisteminin özelliğine göre farklılıklar gösterir. Üretim sistemleri temel olarak sürekli üretim sistemi, kesikli üretim

sistemi olarak iki sınıfta, daha sonra da ürün çeşitliliği, işlem tekrarı vb. durumlara göre bu iki sınıf arasında detaylandırılarak incelenmektedir.

Kesikli üretim sistemi birçok ürünün partiler halinde üretildiği bir sistemdir. Herhangi bir ürünün üretiminden diğer bir ürünün üretimine geçildiği zaman makinaların yeniden ayarlanması, yeni ürüne ait iş çizelgelerinin yapılması, döneminden önce üretilen ürünlerin stoklarda bekletilmesi gibi çalışmaları içerir. Bu tür çalışmalar büyük hazırlık süreleri gerektirdiği için kesikli üretim sistemlerinde her dönem için parti büyüklüklerinin belirlenmesi çalışmaları hazırlık maliyetlerini ve stokta tutma maliyetlerini enküçükleyecek şekilde yapılmaya çalışılmaktadır. Toplam maliyetler incelendiğinde parti büyüklüklerindeki artış, birim başına düşen hazırlık maliyetlerini azaltmaktadır. Klasik parti büyüklüğü belirleme yöntemleri bu iki maliyet unsurunun toplamını enküçük yapan noktadaki parti büyüklüklerini bulmaya çalışmaktadır.

Parti büyüklüğü probleminin çözümü için ilk çalışma 1958' de Wagner ve Whitin tarafından yapılmıştır. İlgili çalışmada T dönemli tek ürünlü tek aşamalı dinamik parti büyüklüğü problemleri için eniyi (optimal) çözüm veren bir algoritma geliştirilmiştir. Bu çalışmada her dönem için üretim maliyetleri, hazırlık maliyetleri ve stok tutma maliyetleri sabit alınmıştır (Wagner ve Whitin,1958).

Literatür incelendiğinde parti büyüklüğü problemlerinin çözümü için çeşitli yaklaşımlar içeren pek çok çalışma yapıldığı görülmektedir. Çalışmalar, Wagner ve Whitin'in 1958 yılında sunduğu algoritmadan başlayarak günümüze kadar uzanmaktadır. Bu çalışmalar, kapasite kısıtının dikkate alınıp alınmama durumuna göre kapasite kısıtlı ya da kapasite kısıtsız olarak iki ana başlık altında incelenebilir. Bu çalışma kapasite kısıtı olmayan problemlere odaklanmış olup kapasite kısıtsız parti büyüklüğü ile ilgili çalışmalar tek ve çok aşamalı olarak birbirinden farklılık göstermektedir. Wagner ve Whitin (1958), Zangwill (1966), Florian ve Klein (1971), Silver ve Meal (1973), Erol ve Erol (1993), Sox (1996), Denizel vd. (1997), Wang vd. (2004), Radzi (2006), Madan vd. (2010), Hariga vd. (2013), Chowdhury vd. (2018) tek aşamalı modeller üzerinde çalışmıştır. Çok devreli modeller ile ilgili çalışmalar ise Love (1972), Crowston vd. (1972), Graves (1981), Rosling (1985), Afentakis ve Gravish (1986), Iyogun (1991), Gencer vd. (1999), Salvietti ve Smith (2008) tarafından yapılan çalışmalardır.

Zangwill (1966), tek aşamalı kısıtlandırılmamış parti büyüklüğünün belirlenebilmesi için yok satma durumunu da dikkate alan, optimal çözüm veren bir algoritma geliştirmiştir. Florian ve Klein (1971), Wagner-Whitin' in yöntemine benzer her dönemde üretim kapasitesinin değişmediği, yok satmanın söz konusu olduğu durumda tek aşamalı üretim sistemlerinde parti büyüklüğünün belirlenmesi için bir algoritma geliştirmişlerdir. Silver ve Meal (1973), kısıtlandırılmamış, T dönemli parti büyüklüğü problemlerinin çözümü için sezgisel bir yöntem geliştirmişlerdir. Yöntemde talepler deterministiktir. Ayrıca her dönemde üretim maliyetleri, hazırlık maliyetleri ve stok tutma maliyetleri sabit alınmıştır. Erol ve Erol (1993), tek aşamalı dinamik parti büyüklüğü problemlerinin çözümü için bir karar şebekesi algoritması geliştirmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında algoritmalarının benzer algoritmalara göre daha kolay ve hızlı çalıştığını belirlemiştir. Sox (1996), talebin değişken olduğu ve sonradan karşılama durumlarında ceza maliyetinin olduğu durumlar için çözüm önermiştir. Tek aşamalı üretim modeli için önerdiği model için Wagner-Whitin algoritmasına kısıtlar ekleyerek yeni bir çözüm algoritması sunmuştur. Denizel vd. (1997), hazırlık maliyetlerini azaltmayı amaçlayan parti büyüklüğü problemini, bir en kısa yol problemi olarak çözmüştür. Wang vd. (2004), çalışmalarında işletmelerin çoğunda yaygın olarak karşılaşılan bir probleme çözüm olarak başlangıç stok seviyesini de hesaba katarak parti büyüklüğü belirleyebilen Revize Wagner Whitin algoritması önermiştir. Radzi, vd (2006), yapay sinir ağı yöntemi ile tek seviyeli bir parti büyüklüğü belirleme problemini çözmeye çalışmıştır. Model, en iyi bilinen üç yönteme (Periyodik Sipariş Miktarı, ihtiyaç kadar sipariş verme (LFL-Lot-for-Lot) ve Silver Meal yöntemi) dayandırılarak oluşturulmuştur. Madan vd. (2010), tek aşamalı ve kapasite kısıtlı, hazırlık süreli, karşılanmayan talep durumuna izin verilmeyen, tamsayılı programlamaya dayanan bir yöntem önerisinde bulunmuştur. Yöntemin özelliği ise farklı kapasite yapılarına uyum sağlayabilecek esneklikte olmasıdır. Hariga vd. (2013), birden fazla alıcıya hizmet veren ve konsinye stok düzenlemesi altında faaliyet gösteren tek bir satıcıdan oluşan tedarik zincirinde parti büyüklüğü problemi için doğrusal olmayan karma bir tamsayı programlama çözümü sağlamaktadır. Chowdhury vd. (2018), ise Wagner Whitin algoritması maliyet yapısı altında Ekonomik Parti Büyüklüğü Problemleri ve Tekli Makine Parti Büyüklüğü Problemleri için algoritmaları gözden geçirmekte, yeni ve etkili bir doğrusal zaman algoritması sunmakta ve geliştirilen algoritmayı literatürdeki eşdeğer algoritmalar ile karşılaştırmaktadır.

Love (1972), çok aşamalı üretim modellerinde üretilecek ve stokta tutulacak miktarlar için alt ve üst sınırların olduğu, kapasite sınırının bulunmadığı durum için parti büyüklüğünü hesaplayan, en uygun çözüm veren algoritma geliştirmiştir. Crowston, vd. (1972), yaptıkları çalışmada çok aşamalı sistemlerde parti büyüklüğünü belirlemek için bilinen sezgisel ve en uygun çözüm veren teknikleri inceleyerek bunların karşılaştırmasını yapmışlardır. Graves (1981), yapmış olduğu çalışmada çok aşamalı kısıtlandırılmamış, sadece üretim ve stok tutmaya izin verilen sistemde parti büyüklüğünün bulunmasında iteratif bir çözüm yöntemi izleyen prosedür geliştirmiştir. Rosling (1985), kısıtlandırılmamış çok aşamalı montaj tipindeki sistemlerde en uygun parti büyüklüğü belirlenmesi için bir algoritma geliştirmiştir. Afentakis ve Gavis (1986), karmaşık üretim yapısına sahip olan sistemler için, parti büyüklüklerinin belirlenmesinde en uygun çözümü veren algoritma geliştirmiştir. Çalışmada problem klasik formülasyonuna ilave kısıtlarla dal-sınır algoritması kullanılarak çözülmüştür. Iyogun' ün (1991) yapmış olduğu çalışmada, dinamik ve çok ürünlü parti büyüklüğü problemlerinin çözümü için geliştirilen sezgisel metotlarla elde edilen maliyetleri uygun maliyetler ile karşılaştırmıştır. Gencer vd. (1999), Erol ve Erol' un 1993 yılında geliştirmiş olduğu karar şebekesi algoritmasını çok aşamalı parti büyüklüğü problemleri için genişletmiştir. Salvietti ve Smith (2008), çalışmalarında kar maksimizasyonu ile beraber fiyat optimizasyonu da dikkate alan bir yöntem geliştirmiş ve bu yöntemle çok kısa zamanda optimale oldukça yakın sonuçlar elde etmeyi başarmıştır.

Tez çalışmasında kaotik veriler içeren işletmelerde zamanında karşılanmayan siparişlerde büyük cezaların oluştuğu durumlar için parti büyüklüğü belirleme konusu ele alınmıştır. Çalışmanın birinci aşamasında geçmiş yıllara ilişkin satışlarda kaotiklik durumu araştırılmış ve talep tahmin çalışması yapılmıştır. İkinci aşamada ise başlangıç stok miktarını da dikkate alan revize Wagner Whitin Algoritması ve gecikme cezalı durumlar için kullanılan Minimum Maliyet Algoritması ile parti büyüklüğü belirlenmektedir.

Çalışmada işletmelerde talep tahmini ve parti büyüklüğü belirlemede karar vericilere yardımcı olacak bir karar destek sistemi tasarlanmıştır. Üretim planlama faaliyetlerinin daha hızlı ve kolay gerçekleştirilmesini amaçlayan çalışma, kaotik verilerle talep tahmini ve sonrasında Wagner Whitin algoritması, Revize Wagner-Whitin

algoritması ve Minimum Maliyet algoritması ile parti büyüklüğü belirleme imkânı sunmaktadır.

Çalışmanın birinci kısmında konuya giriş yapılmış, konu ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. İkinci bölümde talep tahmini kısaca anlatılmış ve talep tahmini yöntemi çeşitleri tanıtılmıştır. Tezin üçüncü bölümünde üretim planlamada parti büyüklüğü belirleme konusuna yer verilmiştir. Dördüncü bölümde kaotik verilerin analizi ve kaotik veri içeren durumlar için talep tahmini konusunda bilgi verilmiştir. Ayrıca, talep tahmini için tasarlanan karar destek sistemi tanıtılmış ve uygulaması yapılan çalışmanın ara yüzleri detaylıca anlatılmıştır. Beşinci bölümde, konsinye stok konusunda bilgi verilmiş ve parti büyüklüğü belirleme problemleri için tasarlanan karar destek sistemi tanıtılmış ve uygulaması yapılan çalışmanın ara yüzleri detaylıca anlatılmıştır. Son bölümde ise sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2. TALEP TAHMİNİ VE ÜRETİM PLANLAMADAKİ YERİ

2.1. Geleceğin Tahmini

Geleceğin tahmini, değişen koşullara ayak uydurabilmek ve daha planlı hareket edebilmek için uluslararası işletmelerden küçük ve orta çaptaki işletmelere, büyük çaptaki yatırımcılardan küçük çaptaki yatırımcılara, yatırım kararını planlamaya çalışan bir iş adamından tüketim kararını planlamaya çalışan ailenin en küçük bireyine kadar herkes tarafından kullanılan ve ulusal ve uluslararası ekonomiler açısından büyük önem taşıyan bir konudur. Diğer bir ifadeyle, öngörü hayatın hemen hemen her alanına girmiş bulunmaktadır. Bugün özellikle işletme ekonomilerinde, bilimsel yöntemlerle geliştirilen tahmin uygulamalarının geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır.

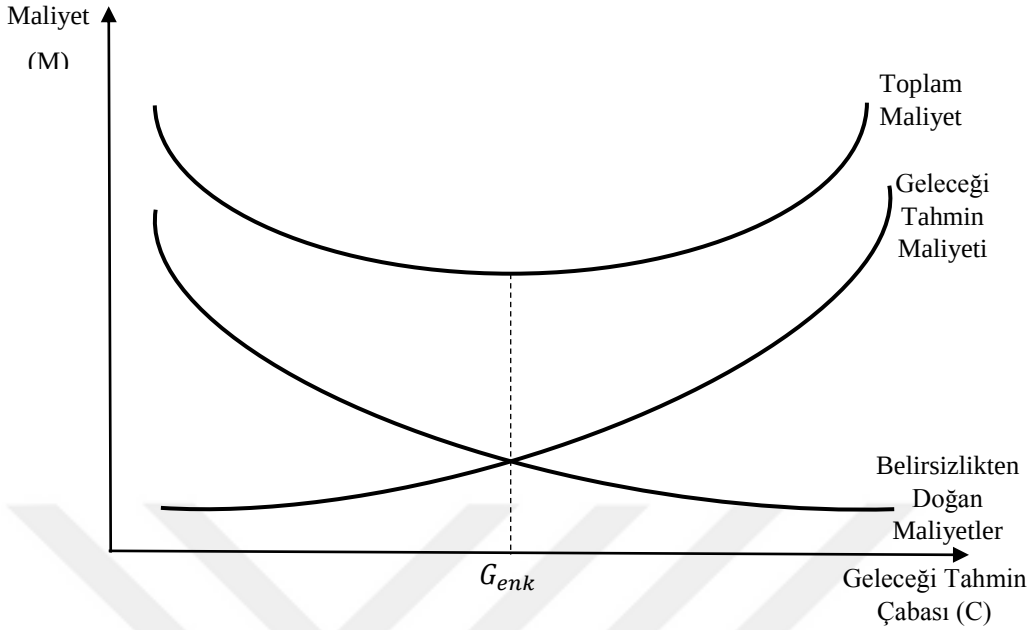
Karar verici durumunda olan herkes ister özel sektör isterse kamu sektöründe olsun geleceğin tahminine ihtiyacı vardır. Örneğin Satın Alma Bölümü Müdürü üretim düzeyini, dolayısıyla gerekli hammadde miktarını ve maliyetini bilmek ister. Kararların yerinde ve isabetli olabilmesi için bu tahminlerin yapılması gerekmektedir. Tahmin çalışmaları yapılan bir şirketin büyümesi ve gelişmesi kaçınılmaz olacaktır. Çünkü işletme içinde bulunduğu belirsizlikten dolayı oluşan toplam maliyet azalacaktır. Şekil 2.1’ de en az (optimum) maliyetin bulunması gösterilmiştir (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Tahmin edilecek konunun, bir firma için sayısız alanı olsa da geleceğin tahmin edilmesi bazı ortak özellikler içerir:

- Geleceğin tahmini zamanı kapsamaktadır. Gelecek bir döneme ait değerlerin tahmin edilerek bilinmesi istenmektedir.

- Tahmin belirsizlik içermektedir.

- Geleceğin tahmini geçmiş verilerin ve bilgilerin kullanılması ile bilimsel hale getirilmektedir.



Şekil 2.1. Geleceği tahmin çabaları ve maliyetler (Tanyaş ve Baskak, 2003)

Geleceğin tahmini, esas olarak gelecekte neler olabileceğini, geçmişe bakarak tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Planlamanın amacı ise tahmin gidileri ile uygun çözüme ulaşmaktır. Örneğin, tahmin sonucunda gelecek yıl satışların düşeceği öngörülebilir. Planlama, bu düşüşü engellemek üzere gerekli çalışmaları yapar. Dolayısı ile, tahminin planlama ile karıştırılmaması gerekir (Özmucur, 1990).

2.2. Talep Tahmini Kavramı

Bir üretim planlamasının, güvenilir ve sağlıklı olabilmesi ön planlama aşamasındaki çalışmalara doğrudan bağlıdır. Ön planlamaların belki de en önemli konusu talep tahminleridir. Talep tahmini, gelecekteki belli bir zaman aralığı için bir ürün veya çeşitli ürünler için talep düzeyini tespit etmektir (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Talep tahminleri, şirket yönetiminin stratejik ve taktik kararların alınmasında, kısa dönemli ve uzun dönemli hedeflere ulaşmada kullanılacak en temel araçların başında gelir. Ayrıca, işletmenin üretim düzeyinin saptanmasında temel oluşturur. Müşteri talebinin tahmin edilmesi, ne kadar ürünün ne kadar hammadde, işgücü ve diğer üretim faktörleri kullanılarak üretileceğinin planlanması ve ne kadar stok bulundurulacağının tespit edilmesi

bakımından üretim/işlemler yönetiminde alınacak stratejik kararlarda yol gösterici olacaktır.

Üretim yönetiminde talep tahmini yapılması, müşteri talebinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak üretim planlaması açısından büyük önem taşımaktadır. Tahmin sözcüğü, akla, sezgiye veya bazı verilere dayanarak olabilecek bir şeyi, bir olayı önceden kestirme, kestirim anlamındadır. Başka bir deyişle geleceğin tahmininde geçmiş bilgilerin kullanılmasıdır. Geçmişteki bilgilerin az olması durumunda tahminci, sonradan kazanılan nitelikteki bilgiye dayanan sezgisel tahmine zorlanabilir. İstatistiksel tahminler geleceğin geçmiş gibi olacağını varsayar. Örneğin gelecekteki yedek lastik satış tahminleri, doğrudan geçmiş yılların satışlarına bağlı olabileceği gibi dolaylı olarak benzin satış gelirleri bilgisine dayalı olabilir. Aynı zamanda daha uzun ömürlü lastik üretiminin gelişmelerinden etkilenebilir (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Talep tahmininin anlamlı olabilmesi için iki noktaya dikkat etmek gerekmektedir. Öncelikle tahmin aşamasında kullanılacak birim, planlanacak veya programlanacak birimler bazında olmalıdır. Diğer nokta ise, tahminin içereceği zaman sürecidir. Talep tahmini, en azından bir karar vermek ve bu kararı harekete geçirmek için gerekli olan zaman periyodu kadar uzun bir zaman aralığını içermelidir. Etkin bir hareket gerçekleştirmeye olanak tanımayacak kadar kısa bir zaman aralığı dikkate alınarak yapılan talep tahmininin, işletme açısından hiçbir değeri yoktur (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Talep tahminlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılabilecek değişik yöntemler ve teknikler vardır. Planlanan tahminler, sezgisel tahminlerden çok daha değerli ve gerçekçidir. Ancak hangi yöntem ve teknik kullanılırsa kullanılsın, yapılan tüm talep tahminlerinin belli bir doğruluk derecesi söz konusudur ve hiçbir tahmin %100' lük bir doğruluk derecesine sahip olamaz. Bu gerçeğe rağmen, geleceğe yönelik tüm kararların alınmasında bir çeşit tahmin yer almaktadır (Biegel, 1993).

2.3. Talep Tahmininin Üretim Planlama İçindeki Yeri ve Önemi

Talep tahmini, üretim planlama faaliyetinin temelini oluşturur. Bir işletme öncelikle müşterilerinin gereksinimlerini bir şekilde karşılamak durumundadır. İşletmenin varlığı,

işlemlerini müşterilerinin gereksinimlerine göre ayarlayabilme ve talep oluştuğunda bu talebi yeterli bir düzeyde ve etkinlikte karşılayabilme yeteneğine bağlıdır (Maggie, 1958: Tanyaş ve Baskak, 2003). Talep tahminleri, üretim planlama faaliyetlerinin diğer adımlarına temel girdi olarak kullanılır. Bu adımlar, yapılan tahminleri tesis, makine, hammadde, yedek parça, yarı ürün, insan gücü, programlama ve diğer kararlara dönüştürür.

Tahmine geçilmeden, tahmin gereksinimi açıkça ortaya konulmalıdır. Tahminde yapılacak hataların görece maliyetleri ile tahminin maliyeti karşılaştırılarak tahminin doğruluk derecesi belirlenmelidir. Yapılan tahminin doğruluk derecesi işletmeye, en azından, kullanılan tahmin tekniğinin maliyetinden daha fazla bir tasarruf sağlamadıkça, karmaşık ve pahalı teknikler kullanılmamalıdır (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Tahminin bir satış hedefi olmadığının anlaşılması gerekir. Ürünün satış hedefi belirlenirken hayli iyimser olunabilir. Örneğin bir işletme, satışlarda %20 oranında bir artışı amaçlayabilir. Ancak tahmin yaparken, katı gerçekler altında talebin ne olacağının düşünülmesi gerekir. Satış hedefine dayanarak, üretim araç ve gereçleri %20 oranında artırılamaz. Satış bölümü aracılığıyla toplanan bilgiler bir avantaj olmasına rağmen, bu bilgiler analiz edilmeli ve gereli ayarlamalar yapılmalıdır. Öte yandan tahmin, üretim kapasitesi tarafından sınırlandırılmamalıdır. Aksi durumda gelişme gereksinimi ortaya koyacak bilgiler elde edilemez. Tahminin asıl amacı, mükemmele, diğer bir ifadeyle, doğru olana en yakın ortamı daha önceden tahmin etmeye çalışmak ve hata düzeyini mümkün olduğu kadar minimuma indirmektir. Bu bağlamda, tahmindeki hatanın firmaya yüklediği maliyet, hatanın kısa sürede firma tarafından düzeltilme derecesi ve diğer firmaların hata oranları, tahminin hata düzeyini belirleme konusunda üzerinde durulması gereken noktalar arasında yer almaktadır (Mize vd., 1984).

2.4. Talep Tahminlerinin Çeşitleri

Talep tahminleri; kapsadığı zaman aralığı, ürün tipi, hesaplama yaklaşımı ve kullanım amacı gibi çeşitli kriterler altında sınıflandırılır. Kapsadığı zaman aralığına göre sınıflandırma en çok kullanılan ve uygulanan kriterdir. Kapsadığı zaman aralığına göre sınıflandırılan tahmin çeşitleri ise:

(a) Çok Kısa Vadeli Tahminler: Haftalık ve günlük olarak hazırlanabilir. İşletme içi verilerin kullanımı fazladır. Hammadde, yarı mamul ve mamul stoklarının kontrolü ve montaj hattına atanan işlerin programlanması amacı ile yapılır.

(b) Kısa Vadeli Tahminler: Kapsadıkları süre genellikle 3 – 6 aydır. Parti büyüklüklerinin belirlenmesini, tedarik süreleri bilgisi altında sipariş miktarı ve zamanının saptanmasını amaçlamaktadır. Ayrıca makinalara iş yükleme ve iş gücü ihtiyaçlarının saptanması faaliyetlerine veri hazırlamak için de yapılır.

(c) Orta Vadeli Tahminler: Kapsadıkları süre altı aydan başlayarak beş yıla kadar uzanabilir. Tedarik süresi uzun olan veya belirsizlik içeren malzemelerin alım kararlarının, karmaşık üretim prosesine sahip mamullere ait üretim aşamalarının ve mevsimsel dalgalanma içeren talebe sahip mamul stoklarının planlanmasında kullanılır.

(d) Uzun Vadeli Tahminler: Beş yıl veya daha uzun bir süre için yapılır. Yatırım planlaması çerçevesinde tesislerinin genişletilmesi ve yeni makinalar alınması gibi konulara veri sağlamak amacı ile oluşturulurlar.

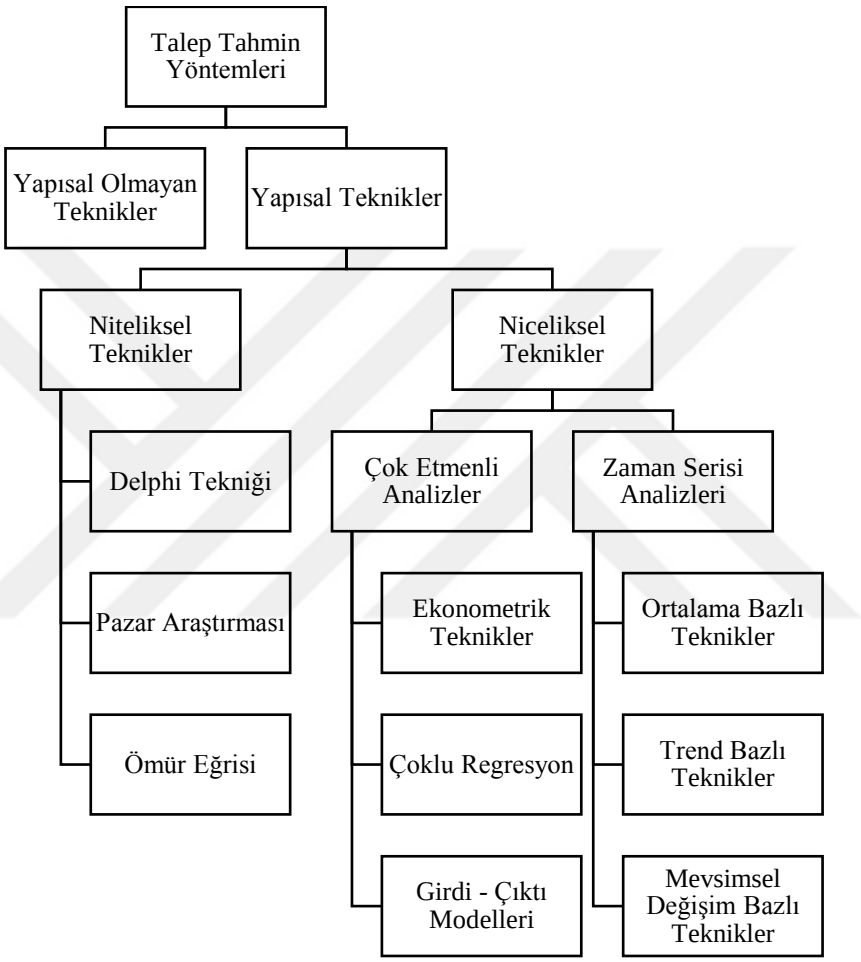
Talep tahminlerinin kapsadığı zaman aralığı genişledikçe sonucu etkileyen etmenlerin miktarı çoğalır ve aralarındaki ilişkiler gittikçe karmaşıklaşır ve belirsiz hale gelir. Örneğin, uzun vadede ülkenin ekonomik yapısı, toplumsal gelişme, teknolojik buluşlar gibi kestirimi zor etmenleri dikkate almak gerekir. Bu durumun tersine vadenin kısalması tahminlerin gerçeğe uygun olmasının önemini artırır. Kısa vadeli tahminlerdeki sapmaların olumsuz sonuçları kısa sürede görülecektir (Kobu, 2010).

2.5. Talep Tahmin Yöntemleri

Ürüne olan bağımsız talebin belirli zaman aralıklarında yapılan gözlemleri ile talep tahmininde kullanılan veriler elde edilir. Tahmin, geçmişin geleceğe yansıtılması şeklinde basitçe düşünülebilir. İstatistiksel olarak kararlı görünen durumlarda geçmiş veriler doğrudan değerlendirilip, tahminler kolaylıkla yapılabilir. İlgili talep tahmininin geçerliliği, kullanılan yöntemden ziyade, toplanan bilgilerin doğruluğu ile değerlendirilmelidir. Bununla birlikte, hesaplama yönteminin uygun olmaması, doğru

bilgileri işe yaramaz hale getirebilir. Önemli olan hata oranı düşük sonuç veren yöntemin bulunmasıdır. Bu nedenle, farklı yöntemler denenmeli ve aralarından en iyi sonuç veren yöntem seçilmelidir. Ayrıca, veri yapısındaki değişmelerin, yöntemlerin üstünlüğünü değiştirebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Talep tahmin yöntemleri Şekil 2.2' deki gibi sınıflandırılabilir:



Şekil 2.2. Talep tahmin yöntemleri (Tanyaş ve Baskak, 2003)

Her bir sınıfta ve alt sınıflarda belirtilen yöntemlerin yanında başka yöntemler de kullanılabilir. Şekil 2.2' de görüldüğü üzere yöntemler, yapısal olmayan teknikler ve yapısal teknikler olarak ayrılmıştır. Yapısal teknikler ise, niteliksel teknikler ve niceliksel teknikler olarak ayrılarak incelenmiştir. Çalışmada kullanılan yöntemlerle ilgili bilgiler bu bölümde verilecektir.

2.5.1. Yapısal olmayan teknikler

Tamamıyla sezgi ve deneyime dayanırlar. Hissî, kişisel yani yargısal olarak yapılan tahminlerdir. Verilere dayalı bilimsel yöntemler kullanılmaz. Bu nedenle tahmin performansı düşüktür.

Talep tahmini için, konuya özgü bilgi ve tecrübe sahibi bir uzmanın sezgi temelli görüşüne başvurulabilir. Yeni bir ürün için satış adetleri öngörüsü almak amacı ile başvurulabilecek uzmana örnek olarak satış ve pazarlama çalışanları verilebilir. Ayrıca, farklı uzmanların görüşlerine başvurularak analiz çalışması yapılabilir. Analiz yapılırken, öngörülerin orta değeri bulunarak veya aritmetik ortalaması alınarak kullanılabilir. Bu metot her zaman doğru sonuç vermese de uygulaması kolaydır. (Sipper ve Bulfin, 1997).

2.5.2. Yapısal – niteliksel teknikler

Kişisel yargının ön planda olduğu, görüş ve takdir temeline dayanan yöntemlerdir. Geçmişe ait istatistiksel bilgi bulunmuyorsa uygulanırlar. Delphi yönteminin kullanılması, pazar araştırmaları, müşteri görüşmeleri ve müşteri panelleri ile kullanıcı düşüncelerinin toplanarak değerlendirilmesi, rakip firmaların incelenmesi bu durumda uygulanabilen yaklaşımlardan bir kaçıdır.

2.5.2.1. Delphi tekniği

Delphi tekniği, geleceğin tahmin edilmesinde istatistiksel bir metodoloji değil, özel bir araştırma yöntemidir. Belirlenen zaman aralığında meydana gelebilecek olaylar hakkında tahminler yapmada kullanılmaktadır. Bu teknik, 1950’ li yıllarda ABD’ de “Rand Corporation” firmasında çalışan Olaf Helmer ve Norman Dalkey adında iki araştırmacı tarafından özellikle askeri konulara ilişkin tahminlerde bulunmak amacıyla geliştirilmiştir (Şahin, 2001).

Uzmanların bir araya gelerek oluşturduğu bağımsız grup çalışması şeklinde yürütülen yöntem, söz konusu alan ile ilgili düzenlenmiş sorular ve uzmanlardan alınan görüşler ve düşünceler aracılığıyla yürütülmektedir. Delphi yönteminin mantığı; birden

fazla anket formunun gönderilmesi sonucunda "geri besleme" yoluyla grup üyelerinin ortak bir görüş birliğine varmalarını sağlamaktır. Delphi tekniği ile katılımcıların farklı bakış açılarının yanında yaratıcılıklarından da yararlanılması ve bir problem durumuna farklı açılardan bakan bireylerin ve grupların yüz yüze gelmeden uzlaşmaları amaçlanmaktadır.

Yöntemin işleyişi maddeler halinde verilmiştir;

1. Yöntemin uygulanmasına katılacak uzman üyelerin belirlenmesi ve katılımın sağlaması,
2. Anket formunda yer alacak soruların tartışmaya sunulması,
3. İlk anket formunun panel üyelerine gönderilmesi,
4. Sonuçların değerlendirilmesi,
5. Uzmanların konu hakkındaki görüşlerini tekrar gözden geçirmeleri için ikinci anket formunun gönderilmesi,
6. Yanıtların değerlendirilmesi,
7. Elde edilen sonuçların özet olarak panel üyelerine gönderilmesi,
8. Sorunun çözüme ulaşmasıdır.

Delphi yönteminin bazı üstünlüklerinden ve eksikliklerinden bahsedilebilmektedir. Üstünlükleri; Delphi yönteminde bireylerin yüz yüze gelmelerinden doğabilecek problemler en az düzeye indirilmektedir. Bu şekilde bireylerin düşüncelerini, diğerlerinin baskılarına maruz kalmadan serbestçe ifade edebilmektedirler. Katılımcılar ardışık anketler yoluyla sağlanan geri bildirimler neticesinde farklı düşüncelerden haberdar edilmekte, kendi düşüncelerini yeniden gözden geçirme fırsatı yakalamaktadır. Delphi tekniği, katılımcıların zaman, mekan, uzaklık, maliyet gibi faktörler nedeniyle sıklıkla toplanma olasılığının olmadığı durumlarda önemli avantajlar sağlamaktadır. Delphi tekniği, farklı bilgi, beceri ve deneyimler yardımıyla bireylerin farklı bakış açılarıyla sorunların ilgili parçalarına katkıda bulunmalarına fırsat tanımaktadır.

Eksiklikleri;

1. Uzman seçiminin çalışmanın başarısını doğrudan etkilemesi,
2. Anket sonuçlarına ait geri bildirimlerin zaman alması,
3. Sürecin uzamasıyla birlikte katılımın azalması olarak özetlenebilir.

2.5.2.2 Pazar araştırması yöntemi

Talep tahmininde kullanılmak üzere tüketicilerden, mülakat, anket, telefonla konuşma gibi yöntemler ile bilgi toplanması amaçlanmaktadır. Zaman alıcı ve yüksek maliyetlidir. Bu yöntemden elde edilen bilgilerin güvenirlilik derecesi çok düşük olmaktadır. Sadece talep tahmini değil, tüketicilerin yönelimi hakkında bilgi edinilmesi, yeni ürün planlaması ve ürün tasarımının geliştirilmesinde de faydalanılabilir.

2.5.2.3. Ömür eğrisi

Ömür eğrisi, ürünün sunuş aşamasından gerileme aşamasına kadar nasıl gelişme gösterdiğini açıklayan bir kavramdır. Ürünlerin belli bir yaşamı olduğu ve bu yaşamın belli aşamalardan geçtiği kabul edilmektedir. Söz konusu aşamalar ürün geliştirme safhasından sonra giriş (sunuş-tanınma), gelişme, olgunluk ve gerileme aşamalarıdır. Gerileme aşamasından sonra ürünün piyasadaki yaşamı sona erer. Bu yöntemde genellikle piyasaya yeni çıkacak bir ürünün talep ön görüleri piyasadaki benzer ürünlerin yaşam eğrileri temel alınarak yapılabilir. İşletmeler kendi ürünlerine oluşacak taleple ilgili o ürüne benzer özellikler gösteren piyasadaki bir başka ürünün yaşam aşamalarında sahip olduğu satış rakamlarına bakarak yorumlarda bulunabilir.

2.5.3. Yapısal – niceliksel teknikler

Öznel düşüncelere dayanmadan, istatistik ve matematik modeller kurarak tahminler yapmaya yardımcı olan yöntemlerdir. Geçmiş dönemlerin verilerini kullanarak gelecekteki verilerin tahminlerini matematiksel olarak hesaplayabilmemizi sağlar. Geçmiş bilgiler elde edilebilir olduğunda ve bilgi, matematiksel olarak ölçülebildiğinde ilgili yöntemler kullanılarak tahmin yapılabilir: Bu yöntemler iki alt gruba ayrılabilir: Zaman serisi analizleri ve Çok etmenli analizler

2.5.3.1. Zaman serisi analizleri

Zaman serisi analizleri, geçmişteki talep değişim süreci yapısının, gelecekte de aynen süreceği varsayımına dayanarak, geleceği geçmişin bir uzantısı olarak tahmin eder.

Ortalama bazlı, trend bazlı ve mevsimsel değişim bazlı teknikler bu amaçla kullanılabilen en bilinen araçlardır.

Bir zaman serisi ardışık ve eşit aralıklı zamanlarda bir bağımsız değişkenin aldığı değerleri gösteren bir küme şeklinde tanımlanır. Zaman serilerinde bağımsız değişken daima saat, ay, gün vs. gibi bir zaman ölçüsüdür ve değerler arasında eşit aralık vardır. Bağımlı değişken stok düzeyi, para, mamül sayısı, verim gibi herhangi bir ölçü olabilir. Zaman serisi analizinde geleceğin tahmini geçmişe ait bilgilere dayanarak yapıldığından, söz konusu olayda geçmişteki davranış biçiminin gelecekte de devam edeceği varsayılır. Bu nedenle istikrarsız veya ani ve beklenmedik değişmelerin olduğu ortamlarda bu yöntemin kullanılması doğru olmaz.

Bir zaman serisi analizinde kullanılan geçmişe ait bilgilerde değişmelere neden olan dört eleman vardır (Meredith, 1992):

1. Trend: Zaman serisinin uzun vadedeki değişme yönünü gösterir. Pozitif eğilimli lineer trend bağımsız değişkende birim zamandaki artışın sabit olduğu anlamına gelir. Bundan başka negatif eğilimli lineer, sabit yüzdeli artış ve azalış S eğrisi sık rastlanan trend şekilleridir.

2. Mevsimsel Değişmeler: Doğal koşulların veya insan gelenek ve davranışlarının neden olduğu değişmelerdir. Isıtma cihazı satışlarının yazın artması, elektrik enerjisi talebinin günlük değişmeleri, giyim ve hediyelik eşya satışlarında bayramlardan önce görülen artışlar mevsimsel dalgalanmalara örnek gösterilebilir. Burada mevsim kelimesinin her zaman yılın üçer aylık dönemleri anlamına gelmediğine dikkat edilmelidir.

3. Uzun Vadeli Dalgalanmalar: En az üç yılı kapsayan uzun vadeli trend doğrusu etrafında meydana gelen değişmelerdir. Ulusal ekonomideki hzlı gelişme, depresyon ve durgunluk devreleri bu tür değişmelere örnek gösterilebilir. Bunların önceden tahmini veya meydana geliş nedenlerinin açıklanması çok güçtür.

4. Tesadüfi Değişmeler: Meydana geliş nedenleri belli olamayan ve sistematik bir değişim şekli göstermeyen değişmelerdir. Önceden tahmin edilmeleri çok güç olduğundan önlenmesi için bir girişimde bulunulmaz. Ancak olumsuz etkilerden kaçınmak için stokta mal tutmak, yedek kapasite bulundurmak, nakit gücünü arttırmak gibi önlemler alınır.

Zaman serisi analizi yöntemlerinden özellikle yıllık üretim ve stok planlarının hazırlanmasında çok yararlı birer tahmin aracı olarak kullanılanlardan birkaçı ilerleyen bölümde verilecektir.

- Ortalama bazlı teknikler

Ortalama bazlı tekniklerden başlıcaları basit ortalama yöntemi, ağırlıklı ortalama yöntemi ve hareketli ortalama yöntemidir.

Basit ortalama, bir serideki toplam değerin, fiili gözlem sayısına bölünmesi yoluyla bulunur. Eğer geçmişe ilişkin veriler, genelde bir artış/azalış eğilimi göstermiyorsa veya gelecek için kökten bir değişiklik beklenmiyorsa ve faaliyet görece sabitse basit ortalama yöntemi kullanılabilir (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Ağırlıklı ortalama yöntemi, eğer çok yakın geçmiş, gelecek için kesin bir kanı veriyorsa kullanılabilir. Ağırlıklı ortalamanın dayandığı temel düşünce, geçmişteki bilgilerin ortalamaya olan etkisinin aynı olmadığıdır. Oysa basit ortalamada bu ağırlıklar eşit ve 1' dir. Ağırlıklı ortalama talep değeri hesaplamak için kullanılan matematiksel model

$$D^* = \sum_{i=1}^{n} (W_i * D_i) \,/\, \sum_{i=1}^{n} W_i \qquad (2.1)$$

$$0 \leq W_i \leq 1 \qquad (i = 1, 2, \ldots n)$$

$$\sum_{i=1}^{n} W_i = 1 \qquad (2.2)$$

D^* : Tahmini talep değeri (Ağırlıklı ortalama)
D_i : *i.* dönem için gerçekleşen satış değeri
W_i : *i.* dönemin gerçekleşen satış değerinin tahmine etkisi
n : Eldeki geçmiş dönem veri sayısı
şeklindedir (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Hareketli ortalama yöntemi, talepteki mevsimlik dalgalanmaların incelenmesi yoluyla mevsimlik dalgalanmaların talep üzerindeki etkisinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Geçmiş dönemlerdeki satışların incelenmesiyle ve satışların zamana göre gösterdiği eğilim doğrusundan yararlanılarak, gelecek dönemlerdeki talep tahminleri yapılabilir. Hareketli ortalamalar yöntemine göre 3, 4, 6 ve 12 aylık satış ortalamalarına göre değerlendirmeler yapılabilir (Tekin, 2009: Karahan, 2011).

Yeni bilgiler geldikçe düzeltilen ortalamalara hareketli ortalamalar denir. Her seferinde en eski değeri çıkarmak ve yeni değeri eklemek suretiyle, belli sayıda geçmiş döneme ilişkin gerçekleşen talep değerlerinin ortalaması alınarak elde edilir. Elde edilen sonuç, bir sonraki dönem için tahmin değeri olarak kullanılır. Tepki hızı, hareketli ortalamaya alınan dönem sayısı ve her döneme verilen ağırlık ile kontrol edilir. Örneğin üç aylık hareketli ortalama ile Temmuz ayının satış tahmini, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarının satışlarının ortalaması alınarak bulunur (Üreten, 2005).

Hareketli ortalama yöntemi, uzak geçmişten çok, yakın geçmişe ağırlık verir ve buna dayanarak, yalnızca bir dönem için satış tahminini yapar. Örneğin geçmiş tarihi dönem verilerinin üçü, dördü veya beşi alınarak, en son gerçekleşen dönem bunlara ilave edilir. Daha sonra, bu verilerin ortalaması, bir sonraki dönem satış miktarı olarak kabul edilir (Karahan, 2011). Yöntemin matematiksel modeli

$$\bar{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \cdots + Y_{t-k+1}}{k} \tag{2.3}$$

$\bar{Y}_{t+1}$: Bir sonraki dönem için yapılan öngörü değeri
Y_{t-k+1} : Gelecek dönem için yapılan öngörü değeri

Y_t : t anındaki gerçek değer
k : Hareketli ortalamaya girecek veri sayısı
şeklindedir.

- Üstel düzeltme yöntemi

Üstel düzeltme yöntemleri, geçmiş dönem verilerine eşit ağırlık veren basit hareketli ortalamalar yöntemine benzeyen ancak geçmiş dönem verilerine eşit değil farklı ağırlıkların verildiği yöntemler topluluğudur. Üstel terimi, verilen ağırlıkların veriler eskidikçe üstel bir şekilde azalması anlamını taşımaktadır. Diğer bir ifadeyle, tahminde kullanılan geçmiş dönem verilerinden yakın geçmişte gerçekleşenlere yüksek, veriler eskidikçe ise üstel bir şekilde azalması anlamını taşımaktadır (Çağlar, 2007).

Üstel düzeltme, hareketli ortalamalarda en yakın geçmişteki verilerin daha fazla ağırlık taşımasını sağlayacak şekilde, geçmiş verilere üstel olarak ağırlık veren tahmin yöntemidir (Karahan, 2011). Yöntemin matematiksel modeli:

$$\bar{Y}_{t+1} = \alpha\, Y_t + (1 - \alpha)\, \bar{Y}_t \qquad (2.4)$$

$\bar{Y}_{t+1}$: Bir sonraki dönem için yapılan öngörü değeri
Y_t : t anındaki gerçek değer
$\bar{Y}_t$: t anı için yapılmış olan öngörü değeri
α : Düzeltme katsayısı (smoothing constant), $(0<\alpha<1)$
şeklindedir.

Düzeltme katsayısı, $0<\alpha<1$ arası değerler alabilir. Buradaki α katsayısının kullanılması, gerekli verilerin miktarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Artık hareketli ortalamalar yönteminde olduğu gibi ortalamaya dahil edilen dönem sayısı kadar veriye ihtiyaç kalmamakta, içinde bulunulan dönemin tahmin değerini elde etmek için, sadece bir önceki dönemin gerçekleşen ve tahmini talep rakamlarının mevcudiyeti yeterli olmaktadır (Üreten, 2005).

α' nın küçük değerleri talep tahmininde geçmişin bir ortalamasının kullanılmasını sağlar, büyük değerleri ise genellikle son gözlemlere ağırlık verilmesini gerçekleştirir (Acar, 2001).

2.5.3.2. Çok etmenli analizler

Çok etmenli analizlerde talep tahmini, zaman serisi analizlerinde olduğu gibi, salt zaman boyutunda düşünülmemekte, çok sayıda etmenin, uygun istatistik ve matematik teknikler ile etkisi incelenerek tahmin yapılmaktadır. En çok kullanılan yöntemler ekonometrik teknikler, çoklu regresyon ve girdi-çıktı modelleridir.

- Ekonometrik teknikler:

Ekonometrik tekniklerin başlıcaları regresyon ve kolerasyon analizleridir.

Regresyon analizi, bilinen bulgulardan, bilinmeyen gelecekteki olaylarla ilgili tahmin yapılmasında kullanılır. Regresyon, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ve doğrusal eğri kavramını kullanarak, bir tahmin eşitliği geliştirir (Köse, 2008). Regresyon denklemi yardımıyla bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi kuran parametrelerin değerleri tahmin edilir. Bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenlerin tahmin edilmesi, bu değişken üzerinde geliştirilecek plan ve politikalarda hangi değişkenlerin önem kazandığının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu yöntem sayesinde, hangi faktörlerde nasıl bir değişiklik yapılarak ilgilenilen değişkende artış veya azalış meydana geleceği ortaya çıkarılabilmektedir (Çağlar, 2007).

Geçmiş dönemlere ilişkin talep verilerini kullanarak gelecek dönemler için talep tahminleri oluşturan zaman serisi modellerinden farklı olarak regresyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkiden yararlanan bir istatistik tahmin yöntemidir (Üreten, 2013: Aydın, 2017). Yöntemde iki değişkenin olduğu ve aralarındaki ilişkinin doğrusal olduğu kabul edilir. İki değişkenli regresyon analizi ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyi temsil eden bir doğrunun denklemi formüle edilir (Olgun, 2009: Aydın, 2017). Yöntemin matematiksel modeli:

$$Y_i = a + bX_i \tag{2.5}$$

Y_i : Bağımlı değişken

a : Regresyon doğrusunun başlangıç değeri

b : Regresyon doğrusu eğimi

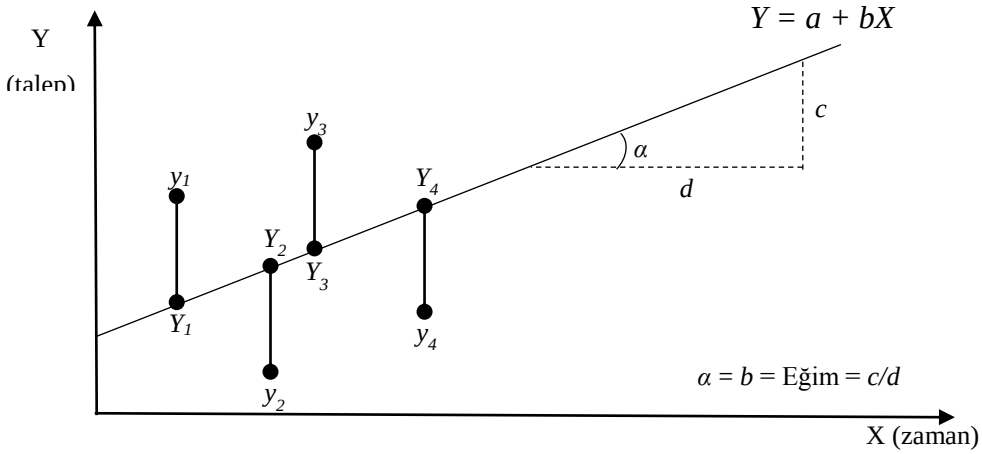
X_i : Bağımsız değişken

şeklinde gösterilir (Aksoy, 2008: Aydın, 2017).

Doğrusal regresyon analizinin amacı, gerçek verilerin çizilen doğrudan sapmalarının karelerinin toplamını minimize eden a ve b değerlerini bulmaktır (Malhotra, 2014). Denklemdeki a ve b değerlerinin bulunabilmesi için en küçük kareler (EKK) yöntemi kullanılır. En küçük kareler yönteminde gerçekleşen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki farkların enküçüklenmesi esas alınır. Bu durum matematiksel olarak ifade edildiğinde;

$$a = \frac{\sum Y - b\sum X}{n}$$
$$b = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \tag{2.6}$$

Bu nedenle söz konusu farkları en küçük yapacak a ve b katsayılarını seçmek gerekmektedir.



Şekil 2.3. Regresyon Doğrusu (Karahan, 2011)

Regresyon doğrusuna ait Şekil 2.3' teki grafikte görüldüğü gibi doğru üzerindeki bağımlı değişken değerleri ile gerçek değerler arasındaki farkın kareleri toplamını minimum yapacak en uygun doğru belirlenmeye çalışılmaktadır (Karahan, 2011).

Korelasyon analizinde ise geleceğe ilişkin değeri tahmin edilmek istenen değişkenle, onu etkileyen değişken veya değişkenler arasındaki ilişkinin sıkılığı araştırılır. İlişkinin derecesi, kolerasyon katsayısı *R* ile simgelenir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değerler alır ve bu değere bakılarak ilişki yorumlanır. Eğer değişkenler arasındaki ilişki doğrusal değilse *R* = 0 çıkar. İlişki değeri 0 ile -1 arasında ise ilişki ters orantılı, 0 ile 1 arasında ise ilişki doğru orantılıdır. Korelasyon değeri 0' dan uzaklaştıkça ilişkinin kuvveti artar (Aksoy, 2008: Aydın, 2017)

$$R = \frac{\sum(xy) - (\sum x)(\sum y)/n}{\sqrt{(\sum x^2 - (\sum x)^2/n)\left((\sum y^2 - (\sum y)^2/n)\right)}} \tag{2.7}$$

R : Korelasyon katsayısı
x : Bağımlı değişken
y = Bağımsız değişken
n : Dönem sayısı

Eşitlikte *y* ile *x* değerleri beraber artıyorsa pozitif; *x* arttığında *y* düşüyorsa negatif bir değer alır. Regresyon doğrusunun eğiminin negatif olması halinde, korelasyon katsayısının değeri de negatif olacaktır (Üreten, 2005).

Korelasyon katsayısının bulunduğu aralığa göre yapılan yorumlar
(0.90-1.00) Çok yüksek korelasyon (X-Y arasında çok sıkı ilişki vardır.)
(0.70-0.90) Yüksek korelasyon (X-Y arasında sıkı ilişki vardır.)
(0.40-0.70) Orta derece korelasyon (X-Y arasında orta dereceli ilişki vardır.)
(0.20-0.40) Düşük korelasyon (X-Y arasında zayıf ilişki vardır.)
(0.00-0.20) Çok düşük korelasyon (X-Y arasında çok zayıf ilişki vardır.) (Tekin, 2009).

- Çoklu regresyon:

Belirli bir bağımlı değişken birden çok bağımsız değişken ile ilişkili ise çoklu regresyon analizi kullanılmaktadır. Çoklu regresyon birden fazla değişken (X_1, X_2, ..., X_n) ile bir bağımlı değişken (Y) arasındaki ilişkiyi verir. Çoklu regresyon uygulamasında dikkat edilmesi gereken husus eklenecek bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklamaya ne kadar katkı sağlayacağıdır. Bu katkı önemsiz veya küçükse modeli sadeleştirmek adına ilgili bağımsız değişken modelden çıkarılabilir. Regresyon denkleminde değişkenlerin katsayısı o değişkenin bağımlı değişkenle olan ilişkisinin kuvvetini göstermez. Değişkenler arasındaki ilişkinin kuvveti için korelasyon analizi yapılmalıdır (Karaca, 2015: Aydın, 2017).

Yönteme ait matematiksel model:

$$Y_i = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \ldots + b_nX_n \tag{2.8}$$

Y_i : Bağımlı değişken
a : Regresyon doğrusunun başlangıç değeri
b : Regresyon doğrusu eğimi
X : Bağımsız değişken
şeklinde gösterilir (Aksoy, 2008: Aydın, 2017).

Eşitlik doğrusal bir fonksiyondur ve basit analizden farklı olarak bir regresyon katsayısı b yerine n tane net veya kısmi regresyon katsayısı içermektedir. Bu katsayıların her biri ile ilgili bağımsız değişkende meydana gelebilecek bir değişkenliğin bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçmektedir. Basit regresyon analizinde olduğu gibi çoklu regresyon fonksiyonuna varmak için en küçük kareler metodu kullanılabilir (Yoldaş, 2006).

- Girdi-çıktı modelleri:

Girdi-Çıktı Analizi, matematiksel ve istatistiksel analizler yardımıyla, endüstriler arası ilişkileri tutarlı olarak inceleyen bir modeldir. Bir ekonomik sistemin belirli yapısal

özelliklerini tanımlayan bir veriler toplamı ve sistemin belirli bir zaman aralığı içinde belirli bir anındaki davranışını etkileyici ve açıklayıcı analitik bir teknik olarak tanımlanabilir. Analizin temeli, herhangi bir ülke ekonomisinin kendi içerisinde homojen ya da birbirine benzer mallar üreten endüstrilere bölünebilmesi ve bu endüstrilerin birbirleriyle ve ekonomiyle olan etkileşimlerinin matematiksel ifadesine dayanır (Özdil vd., 2011).

3. PARTİ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME MODELLERİ

Hızla değişen ekonomik koşullar, rekabet ortamı, fiyat dalgalanmaları, işletmelerin ihtiyaç duydukları malzemelerin teminindeki zorluklar vb. gibi olumsuz durumlar karşısında klasik stok kontrol yöntemleri yetersiz kaldığı için stok kontrolü konusunda ihtiyaçlara daha iyi cevap verebilecek tekniklerden birisi olan Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) sistemi önem kazanmaya başlamıştır. MİP çalışmaları ile işletmeler yapacakları stok yatırımlarını ve sipariş verme maliyetlerini minimize ederek daha etkin bir üretim ortamı sağlamayı amaçlamaktadır.

MİP sisteminin tasarlanmasındaki en önemli konulardan biri, sipariş miktarlarının, diğer bir deyişle, parti büyüklüklerinin belirlenmesidir. Bu hesaplama için öncelikle, ürün ağacını oluşturan parçalara ilişkin net ihtiyaçların, tüm dönemleri içerecek şekilde hesaplanması gerekir. Parti taleplerinin bağımlı oluşu ve partiler halinde üretilmesi, kesikli bir üretim yapısı oluşturmakta ve bağımsız talebe yönelik olan klasik ekonomik sipariş miktarı değerini bulan stok kontrol modellerinin kullanılmasını zorlaştırmaktadır (Tanyaş ve Baskak, 2003). Bağımsız talep, işletme dışı faktörlerce belirlenmesi nedeniyle sürekli bir yapı sergilerken, bağımlı talep ise kesikli bir yapı göstermektedir. Talebin yapısındaki bu farklılık, uygulanacak stok kontrol sisteminin ve yöntemlerinin de farklı olmasına neden olmaktadır (Schroeder, 1993).

Her işletmenin, büyüklüğüne, yönetim ve organizasyon durumuna, üretim tipine, mali durumuna ve daha birçok faktöre göre oluşturduğu bir stok kontrol sistemi vardır. Uygun stok kontrol sisteminin belirlenmesinde, işletmenin stoklarla ilgili karşı karşıya kaldığı talebin yapısı, ayırt edici bir role sahiptir (Ettkin ve Dilworth, 1993).

Stok kontrolü, firmalar için en uygun olan stok miktarlarının, firmanın imalat, satış ve finansal koşullarının da göz önünde bulundurularak saptanmasını ve saptanan bu stok düzeylerinin devam ettirilmesini içerir. Saptanan bu stok düzeylerinin sürekli olarak gözden geçirilmesi ve değişen ekonomik koşullara uyarlanması gerekir (Axsäter, 2007).

Parti büyüklüğüne dayalı farklı politikalar arasında bir seçim yapabilmek için gerekli olan malzeme ve maliyet unsurları aşağıdaki gibidir:

1. Sipariş verme maliyeti,
2. Her dönem için elde bulundurma maliyeti,
3. Birim satın alma maliyeti,
4. Her bir dönem için toplam maliyet,
5. Toplam dönem sayısı,
6. Dönemsel talep miktarı,
7. Dönem başı elde bulundurma maliyeti.

Parti büyüklüklerinin belirlenmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. İlerleyen bölümde parti büyüklüklerinin belirlenmesi için kullanılan önemli yaklaşımlardan birkaçının uygulanış şekilleri ve formülleri detaylı olarak verilmiştir.

- Kesikli sipariş algoritması
- Ekonomik sipariş miktarı modeli
- Silver - Meal algoritması
- En düşük birim maliyet yöntemi
- Parçalı dönem algoritması
- Wagner Whitin algoritması
- Zangwill algoritması
- Minimum maliyet algoritması

3.1. Kesikli Sipariş Algoritması

Kesikli sipariş algoritması (Lot For Lot), MİP sistemlerinin temel özelliklerinden birinin gerçekleşmesi söz konusu ise, mutlaka uygulanmalıdır. Bu özellik Tam Zamanında Üretim olarak ifade edilmektedir. Üretimin tam zamanında yapılması demek; iş akışı sırasında gerekli olan parça ve malzemenin, tam anında ve gerekli miktarda istenen yerde olmasını temin etmektir. Bu amaçla periyot uzunlukları kısa olmalı, her sipariş periyot ihtiyacına eşit olmalı ve sipariş maliyetleri düşük olmalıdır. İdeal olarak böyle bir sistemin sıfır stokla çalışması arzu edilir. Bu takdirde periyot uzunluğu üretim hızını belirleyen

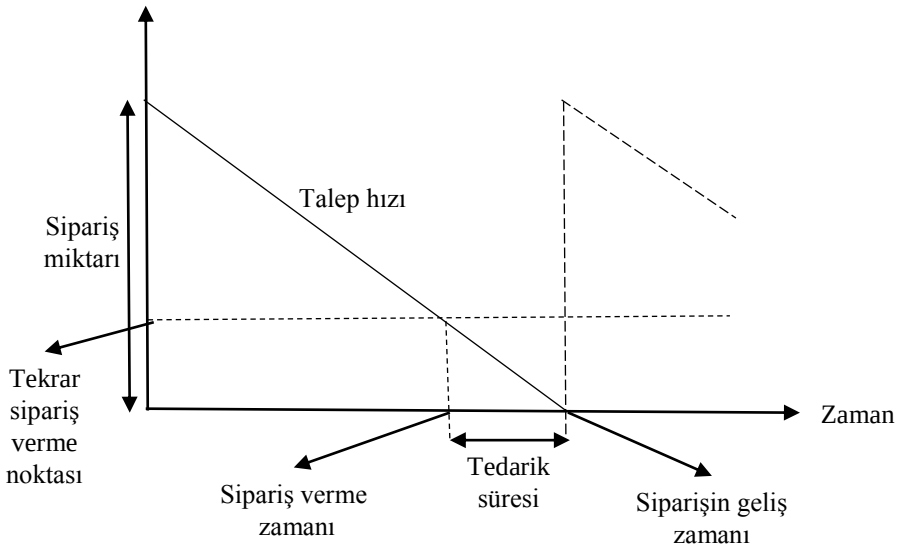
çevrim zamanı kadar olmalıdır. İhtiyaç kadar sipariş verme yöntemi bu nedenlerle MİP tasarımında yaygın bir şekilde kullanılır.

Bu yöntemde sipariş, ihtiyacın olduğu dönemde ve ihtiyaç miktarı kadar verilir. Daha çok satın alınan pahalı birimler için veya talebi sürekli olmayan birimler için kullanılır. Stok taşıma maliyetlerini minimize eden bu yaklaşımda, net ihtiyaçların miktar ve zamanına eşit olarak siparişler belirlenir

3.2. Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Stok kontrol modelleri içinde en eski ve en yaygın kullanılan model Ekonomik Sipariş Miktarı (EOQ) modelidir. İlk olarak 1915' te W. Harris tarafından ortaya konan bu model günümüzde kullanılan pek çok modelin temelini oluşturmaktadır. Kullanımı çok kolay ve basit olan bu teknik pek çok varsayımı da içinde barındırmaktadır (Karaöz, 2003).

Ekonomik sipariş miktarı modelinde amaç toplam maliyeti minimum yapacak şekilde ne kadar sipariş verileceğine karar vermektir. Bu modelde stok seviyesinin zamanla değişimi Şekil 3.1' de görülmektedir.



Şekil 3.1. Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli (Stevenson, 1993)

Şekil 3.1' de görüldüğü üzere Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde siparişler partiler halinde ve tek seferde teslim alınmaktadır. Daha sonra bu stok sabit bir talep hızı ile azalmaktadır. Siparişler bitmeden yeniden sipariş verme noktasında tekrar sipariş verilmekte ve bu siparişler gelene kadar eldeki stok tükenmektedir. Yeniden sipariş verme noktası, eldeki stokların biteceği zamandan tedarik süresi kadar önce olmaktadır. Bazı modellerde tedarik süresinin sıfır olduğu varsayımı yapıldığından yeniden sipariş verme noktası siparişlerin bittiği zamanla çakışmaktadır. Yani bu durumda sipariş verildiği anda malların teslim edileceği varsayımı geçerli olmaktadır.

Ekonomik sipariş miktarı yönteminin dayandığı bazı temel varsayımlar:

1. Talep veya kullanım alanı sabittir.
2. Tedarik süresi sıfıra eşit veya sıfırdan büyük sabit bir değerdir.
3. Satın alma fiyatı ya da üretim maliyeti sabit bir değerdir.
4. Sipariş gideri, verilen sipariş sayısıyla doğru orantılı olarak değişir.
5. Stok bulundurma giderleri ortalama stok ölçüsü ile doğru orantılı değişir.
6. Tedarik süresi sabittir ve sipariş miktarından bağımsızdır.

şeklinde sıralanabilir (Aydın,1999).

Yöntemin matematiksel modeli;

$$TM = \frac{D}{Q}A + \frac{Q}{2}H + D * c \tag{3.1}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{H}} \tag{3.2}$$

TM : Toplam maliyet
D : Yıllık ortalama talep
Q : Sipariş miktarı (parti büyüklüğü)
c : Satın alma maliyeti
A : Sipariş verme maliyeti
H : Elde bulundurma maliyeti

3.3. Silver-Meal Algoritması

Edward Silver ve Harlan Meal en düşük dönem maliyetine dayanan sezgisel bir parti büyüklüğü algoritması geliştirmiştir. Sipariş verilen dönemler boyunca dönemlik ortalama maliyeti hesaplar. Dönem başı ortalama maliyet ilk arttığında tekrar sipariş planlanır. Her dönem için toplam ilgili maliyeti minimum yapacak dönemin gereksinimlerini karşılayacak tam sayı olan bir parti büyüklüğü seçilir. İlgili maliyetler sipariş verme maliyeti ve elde bulundurma maliyetidir. Bu sezgisel yöntemi kullanmanın avantajı basitliği ve maliyet performansının iyiliğidir. Bu yöntemin iyi performans göstermeyeceği iki durum: Talep oranının çok hızlı düştüğü ve sıfır talepli dönemlerin çok olduğu durumlardır.

$$H_{ij} = h\sum_{j=1}^{j-1}\sum_{i=j+1}^{j} D_i \tag{3.3}$$

$$TM_{ij} = \left[C_i \sum_{i=1}^{j} D_i\right] + A_i + H_{ij} \tag{3.4}$$

$$\overline{TM_{ıJ}} = \frac{TM_{ij}}{j-i+1} \tag{3.5}$$

H_{ij} : *i.* periyot başlangıcına ulaşan partinin (*i.* ve *j.* periyotlar dahil olmak üzere *i*' den *j*' ye kadar olan periyotların talebini karşılar) toplam stok maliyeti

A_i : *i*. periyot için sipariş maliyeti

C_i : *i*. periyot için birim maliyet

TM_{ij} : *i*' den *j*' ye tüm periyotların taleplerinin karşılanması sonucunda katlanılan toplam maliyet

$\overline{TM_{ıJ}}$: Periyot başına ortalama maliyet,

i' den *j'* ye tüm periyotların taleplerinin karşılanması sonucunda katlanılan toplam maliyet hesaplanır ikinci periyottan sonra da ortalama maliyet hesaplanır. Ortalama maliyet ise toplam maliyetin *j-i+1'* e bölünmesiyle oluşturulur. Her dönemin ortalama maliyeti hesaplanır, *(j+1).* periyot ortalama maliyeti *j.* periyot ortalama maliyetiyle

karşılaştırılır. *(j+1).* periyot ortalama maliyeti *j.* periyot ortalama maliyetinden küçükse karşılaştırma işlemine ileri periyotlarda devam edilir.

Eğer;

$TM_{ij} < TM_{i,j} + 1$ $j = i$ ise,

$TM_{i,j} - 1 > TM_{ij} < TM_{i,j} + 1$ $j=i+1, \ldots\ldots N$

olduğunda *i.* periyot başında *i.* den *j.* ye kadar olan periyotların toplam talebi kadar sipariş verilir.

i. periyotta *j* periyot için sipariş verilir. Diğer sipariş dönemi ise *(j +1)*' inci periyottan başlar (Manap, 2003).

3.4. En Düşük Birim Maliyet Yöntemi

En düşük birim maliyet yöntemi (Least Unit Cost), birim basına sipariş verme ve elde bulundurma maliyetlerinin toplamından oluşan birim maliyeti minimum etmeye çalışır. Bu yöntem önce ilk dönemin net ihtiyacı kadar sipariş verilmesi durumunda birim maliyetin ne kadar olacağını hesaplar. Daha sonra bir sonraki donemin net ihtiyacı sipariş miktarına ilave ederek birim maliyeti yeniden hesaplar. Birim maliyet düşmeye devam ettikçe bir sonraki dönemlerin net ihtiyaçları sipariş miktarına ilave edilir. Birim maliyet artmaya başladığında durulur. Birim maliyeti arttıran dönemden önceki dönemlerin net ihtiyaçlarının toplamı sipariş miktarını oluşturur. Birim maliyetin arttığı dönem başlangıç olarak alınarak daha önceki işlemler tekrarlanır. Bu yöntemde karar kriteri birim başına en düşük maliyettir (Acar, 1991). Yöntemin matematiksel modeli ise

$$H_{ij} = h \sum_{j=1}^{j-1} \sum_{i=j+1}^{j} D_i \tag{3.6}$$

$$TM_{ij} = \left[C_i \sum_{i=1}^{j} D_i \right] + A_i + H_{ij} \tag{3.7}$$

$$\overline{TM_{ij}^{luc}} = \frac{TM_{ij}}{Q_i} = \frac{TM_{ij}}{\sum_{i=1}^{j} D_i} \tag{3.8}$$

Q_i : *i.* periyotta verilen sipariş miktarı

H_{ij} : *i.* periyot başlangıcına ulaşan partinin (*i.* ve *j.* periyotlar dahil olmak üzere *i*' den *j*' ye kadar olan periyotların talebini karşılar) toplam stok maliyeti,

A_i : *i.* periyot için sipariş maliyeti

C_i : *i.* periyot için birim maliyet

TM_{ij} : *i*' den *j*' ye tüm periyotların taleplerinin karşılanması sonucunda katlanılan toplam maliyet

$\overline{TM_{ij}^{luc}}$: Birim başına ortalama toplam maliyet

şekilde gösterilir.

Her periyot için birim maliyeti hesaplandıktan sonra, *(j+1).* periyodunun birim maliyeti, *j.* periyodun birim maliyetiyle karşılaştırılır. *(j+1).* periyodun birim maliyeti *j.* periyodun birim maliyetinden küçükse karşılaştırma işlemine ileri ki periyotlarda devam edilir.

Eğer;

$$\overline{TM_{ij}^{luc}} < TM_{i,j}+1 \qquad j=i \text{ ise,}$$
$$\overline{TM_{i,j-1}^{luc}} = \overline{TM_{ij}^{luc}} = \overline{TM_{i,j+1}^{luc}} \qquad j=i+1,\ldots\ldots\ldots\ldots,N \tag{3.9}$$

olduğunda *i.* periyot başında *i'* den *j'* ye kadar olan periyotların toplam talebi kadar sipariş verilir (Manap, 2003).

3.5. Parça Dönem Algoritması

Parça dönem algoritması sipariş miktarını sipariş verme maliyeti ve elde bulundurma maliyetine göre dengeleyen sayısal bir yaklaşımdır. Parça-dönem dengeleme ve en küçük toplam maliyet olarak da bilinir. Toplam elde tutma maliyetinin çok az üzerinde olduğu bir durumda yapılan siparişin karşılayacağı dönem sayısı seçilir.

Gereksinimlerin kesikli yapısından dolayı, toplam elde tutma maliyeti sipariş verme maliyetinden az olduğu sürece sipariş büyüklüğü artar. Amaç tam sayı olarak dönem

gereksinimlerini kapsayan bir parti büyüklüğü bulmaktır (Acar, 1991). Parti büyüklüğünü bulmak için kullanılan matematiksel model

$$H_j = h\sum_{j=1}^{j-1}\sum_{i=j+1}^{i} d_i \tag{3.10}$$

$$df = C_i - \sum_{j=1}^{j-1}\sum_{i=j+1}^{i} D_i \tag{3.11}$$

h : Birim stok maliyeti

H_j : Toplam stok maliyeti ,

C_i : i. periyodun sipariş maliyeti,

df : Toplam stok maliyetiyle toplam sipariş maliyeti arasındaki fark

şeklinde gösterilir.

$df = \left| C_i - \sum_{j=1}^{j-1}\sum_{i=j+1}^{i} d_i \right|$ değerinin minimum olması amaçlanmaktadır (Manap, 2003).

3.6. Wagner Whitin Algoritması

Wagner-Whitin yöntemi dinamik programlama modelinden hareket eden matematiksel bir optimizasyon işlemidir. *t* dönemli tek ürünlü tek aşamalı dinamik parti büyüklüğü problemleri için optimal çözüm verir. Temel olarak ilgili yöntem, planlama döneminin her bir dönemindeki net ihtiyaçları karşılamak için mümkün olan tüm alternatifleri değerlendirir ve katlanılacak olan sipariş verme (hazırlık) maliyetlerini ve elde bulundurma maliyetlerinin toplamını en küçüklemeye çalışır. Belirli bir zaman aralığındaki deterministik ve dinamik parti büyüklüğü miktarı problemine en iyi çözümü sunmaktadır. Dolayısı ile, diğer sipariş büyüklüğü yöntemlerinin etkinliğini ölçmede bir ölçü olarak kullanılabilir.

Bu algoritmanın varsayımları ise aşağıdaki gibidir:

- Talepler ve maliyetler dönemler itibari ile değişkendir.
- Siparişler gecikmesiz olarak bir anda karşılanmaktadır.

- Yok satmaya izin verilmez.
- Dönem başı ve dönem sonu stok miktarı sıfırdır.
- Planlanan zaman aralığındaki dönemler, sabit ve belirli bir uzunluktadır

Dönem başı stok sıfırdan büyük ise, ilgili stok değeri ilk döneme ait talepten düşülerek algoritma çalıştırılır. Dönem sonunda stok olması isteniyorsa ise ilgili miktar son dönem talebine eklenerek algoritma çalıştırılır. Burada amaç n dönemi süresince satın alma ve stokta tutma maliyetlerini en küçükleyecek $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ miktarlarını bulmaktır.

Belirlenen bir dönem için talep miktarı bütün olarak dönem içindeki bir alımla veya önceki dönemde yapılan bir alımla karşılanmaktadır. Bu durum optimum bir çözüme ulaşmak için, alım işlemlerinde $Q_T = 0$ veya $D_t + D_{t+1} + \dots + D_k$ olduğunda ihtiyaç olduğunu belirtmektedir.

Yöntemin matematiksel modeli ise

$$F_k = min\{F_j + M_{jk}\} \tag{3.12}$$

$$M_{jk} = a_{j+1} + c_{j+1}Q_{j+1}\sum_{t=j+1}^{k-1} h_t I_t \tag{3.13}$$

$$F_0 = 0 \tag{3.14}$$

F_k : Birinci dönemden *k.* döneme kadar olan maliyetler
M_{jk} : *(j+1).* dönemden *k.* döneme kadar olan maliyetler

K' dan önceki son yeniden üretim (rejenerasyon) noktası *j*' dir. *j*. dönemde stok sıfıra inmekte, *j+1*' inci dönemde ise üretime başlanmaktadır. *K*' ya kadar olan üretim buradan karşılanmaktadır. Yani *(j+1), (j+2), ..., k*' nın talebi karşılanmaktadır.

(j+1), (j+2), ..., k periyodundaki ihtiyaçlar *j+1* dönemindeki üretimle karşılanacağı için;

$$X_{j+1} = D_{j+1} + D_{j+2} + \cdots + D_k \tag{3.15}$$

3.7. Zangwill Algoritması

Zangwill Algoritması, stok tükenmesine izin verilmesi durumu için optimum sonuç veren bir çözüm yöntemidir. Diğer algoritmalarda t. periyodun talep ihtiyacı ya stoktan (daha önceki periyodun siparişinden) ya da t. periyottaki siparişten karşılanmaktadır. Burada ise bir üçüncü alternatif olarak t. periyodun talep ihtiyacı daha sonraki periyotlarda verilen siparişlerden de karşılanabilir. Bu arada geçen sürede işletme karşılanamayan talebin meydana getirdiği elde bulundurmama maliyetine katlanmak zorundadır.

Zangwill Algoritması uygulamasının matematiksel modeli:

h_t^+ : Stokta bulundurma maliyeti,

h_t^- : Stokta bulundurmama maliyeti

I_t^+ : t. periyot sonunda eldeki stok miktarı

I_t^- : t. periyot sonunda ihtiyaç olan stok miktarı(karşılanamayan talep miktarı)

M_{ji} : Minimum toplam maliyet

Q_t : Toplam sipariş miktarı

$$I_l^+ = \sum_{r=i+1}^{i} D_r \quad , l = t, t+1, \dots, i-1 \; için \tag{3.16}$$

$$I_l^- = \sum_{r=j+1}^{l} D_r \quad , l = j+1, j+2, \dots, t-1 \; için \tag{3.17}$$

$$M_{ji} = \begin{cases} C_{j+1}(D_{j+1}) \\ min_{j+1 \le t \le i} \left[C_t(Q_t) + \sum_{t=j+1}^{t-1} h_t^-(I_t^-) + \sum_{i=t}^{i-1} h_t^+(I_t^+) \right] \end{cases} \tag{3.18}$$

$$F_i = min_{0 \le j \le i-1} \left[F_j + M_{ji} \right] \quad i = 1, 2, 3, \dots, T \; için \tag{3.19}$$

3.8. Gencer' in Minimum Maliyet Algoritması

Minimum Maliyet Algoritması, toplam hazırlık, üretim, stok tutma ve yoksatma maliyetlerinin minimize eden parti büyüklüklerinin belirlenmesi yöntemidir. Matematiksel model:

n : üretimin yapıldığı dönem

t : Planlama dönemi sayısı (t = 1, 2, …, T)

d_t : t dönemi talep miktarı

A_t : t döenmi hazırlık maliyeti

h_t : t dönemi birim stok tutma maliyeti

π_t : t dönemi birim yoksatma maliyeti

C_t : t dönemi birim üretim maliyeti

$f^+(t, i)$: t döneminde stok tutmalı i alternatifinin maliyeti (i; t' den geriye doğru üretimi yapılmış dönem, i = 1, 2, …, t)

$f^-(t, i)$: t döneminde yoksatmalı i alternatifinin maliyeti (i; t' den geriye doğru yok satmış dönem, i = t-1, t-2, …, 1)

$f^{+-}(t, i)$: t döneminde stok tutmalı ve yok satmalı i alternatifinin maliyeti

f(t) : t dönemindeki minimum maliyet

$$f^+(t,i) = \begin{cases} f(t-1) + A_t + C_t d_t & ,i = 1 \\ f^+(t-1, i-1) + C_{t-i+1} d_t + d_t \sum_{s=t-i+1}^{t-1} h_s & ,j > i \end{cases} \tag{3.20}$$

Burada t = 1, 2, … .T ve i = 1, 2, …,t dir.

$$f^-(t,i) = f(i-1) + A_t + C_t \sum_{s=i}^{t} d_s + \sum_{s=i}^{t-1} \pi_s \sum_{j=i}^{s} d_j \tag{3.21}$$

Burada t = 1, 2, … .T ve i = t-1, t-2, …,1 dir.

$$f^{+-}(t,i) = f(i-1) + A_n + C_n \sum_{s=i}^{t} d_s + \sum_{s=n}^{t} h_s \sum_{j=s+1}^{t} d_j + \sum_{s=i}^{n-1} \pi_s \sum_{j=1}^{s} d_j \tag{3.22}$$

Burada t = 1, 2, … .T ve n = i, i+1, …, n, n+1, …,t dir.

t döneminde i alternatifleri için hesaplamalar yapıldıktan sonra *(t+1)* dönemine geçilir. *(t+1)* döneminde t döneminin optimal toplam maliyetleri kullanılır. Her t dönemi için optimal toplam maliyet aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$f(t) = min\{f^+(t), f^-(t), f^{+-}(t)\} \tag{3.23}$$

Burada,

$$f^{+}(t) = min\{f^{+}(t,i)\} \tag{3.24}$$
$$f^{-}(t) = min\{f^{-}(t,i)\}$$
$$f^{+-}(t) = min\{f^{+-}(t,i)\}$$

İlgili hesaplamalar, $t=T$ olduğunda optimal sonuca ulaşılır. *f(T)*, optimal minimum üretim maliyetini verir. *f(T)*' yi veren formülasyondan geriye doğru giderek üretim planı çıkarılır.

4. SOĞUK ŞEKİLLENDİRME YAPAN BİR İŞLETME İÇİN TALEP TAHMİNİ SİSTEMİ

Bu bölümde Eskişehir Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren Tanatar Kalıp Pres İşleri San. ve Tic. Ltd. Şti' ne ait veriler kullanılarak yapılan analizler ve tasarlanan sistemler tanıtılacaktır. Firma, soğuk şekillendirme yöntemi ile beyaz eşya ve otomotiv sektörlerine parça imalatı yapan bir yardımcı sanayi konumundadır. Müşterilerden gelen talep bilgilerinin yapısı, gerçekleşen satış miktarlarındaki değişimler ve talep tahmininde yaşadığı zorluklar incelenmiştir. Ürünlerin seçiminde ABC-XYZ Analizi' nden faydalanılmıştır. Ürünlere ait verilerin yapısının belirlenebilmesi için Lyapunov üsteli yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, talep tahmininde önerilen yöntemleri kullanarak hızlı ve etkili sonuç alabilmek için bir talep tahmin sistemi kurulmuştur.

İlerleyen bölümlerde işletme kısaca tanıtılacak ve talep tahmininde yaşanan zorluklar açıklanacaktır. Ürünlerin seçimi için kullanılan ABC-XYZ analizi hakkında ve kaotikliğin tespiti için kullanılan Lyapunov üsteli metodu hakkında bilgiler verilecektir. Ardından kaotik veriler ile ilgili alınan sonuçlar paylaşılacaktır. Son olarak talep tahmini için tasarlanan karar destek sistemi tanıtılacak ve uygulaması yapılan çalışmanın ara yüzleri detaylıca anlatılacaktır.

4.1. İşletmede Talep Tahminindeki Zorluklar

Tez çalışmaları kapsamında, Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi' nde bulunan ve 1975 yılında kurulmuş olan Tanatar Kalıp Pres İşleri San. ve Tic. Ltd. Şti.' nde çalışılmıştır. İşletme, 30 yılı aşkın süredir beyaz eşya sektörüne ve 10 yılı aşkın süredir otomotiv sektörüne yönelik olarak kalıp ve parça imalatı yapmaktadır. Üretilen metal kalıpları kullanılarak preshanede bulunan pres makineleri ile yıllık 100 milyondan fazla sac metal parça üretilmektedir. İşletme Arçelik, Valeo gibi firmalar ile toplamda 30 önemli işletmeye hizmet vermektedir. İşletme, 383 kişiye istihdam sağlamaktadır. Ayrıca işletme, Organize Sanayi Bölgesi' nde 2 ayrı fabrikadan oluşmaktadır. 1. fabrika üretimin bir kısmının bulunduğu üretim atölyesi ve idari bina, 2. fabrika ise üretimin büyük bölümünün bulunduğu preshane, hammadde ve mamul depoları bulunmaktadır. İşletmenin üretim

şekli; siparişe göre üretim sistemidir. Hammadde olarak %95 oranında sac kullanılmaktadır. Kullanılan diğer hammaddeler; lama, boru ve profildir. Kullanılan yardımcı maddeler ise pim, tekerlek, plastik gibi malzemelerdir. Bu maddeler kullanılarak işletmede üretilen ürünlerin, yıllık üretim kapasitesi yaklaşık 15.000 tondan fazladır.

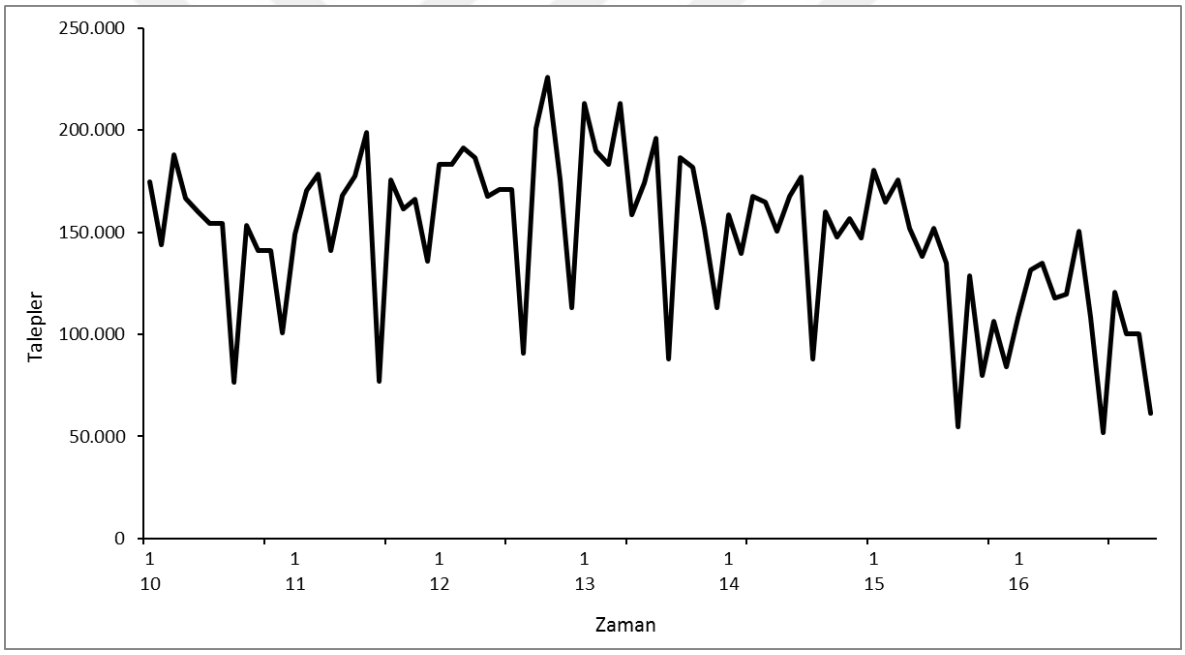
İşletme, beyaz eşya ve otomotiv sektörlerine parça üretimi yapmaktadır. Parçalar, sac metalden kalıp aracılığı ile soğuk şekillendirme yapılarak üretilmekte ve sevkiyatı yapılmaktadır. Otomotiv sektöründe, ana otomobil üreticisine sistem sağlayan tedarikçinin parça tedarikçisi konumundadır. Bu bağlamda, Fransa menşeili otomobil sistem üreticisi olan Valeo Otomotiv şirketler grubuna bağlı Polonya' da bulunan Valeo Elektrik marş motoru üretim tesisine parça sağlamaktadır.

Valeo Otomotiv firması tüm fabrikalarına ait siparişlerini internet üzerinden erişilebilen bir sistem aracılığı ile tedarikçileri ile paylaşmaktadır. EDI (Electronic Data Interchange – Elektronik Veri Değişimi) temelinde çalışan sistemin adı WedEDI' dir. İlgili sisteme internet üzerinden sitesine girilerek her tedarikçiye özgü verilen Kullanıcı Adı ve Şifre ile ulaşılabilmektedir. Sistemden ilgili menüler aracılığı ile siparişler indirilebilmektedir. Siparişlerden ürünlerini incelediğimiz Valeo Elektrik fabrikasına ait olanlar her hafta cumartesi günü güncellenmektedir. Güncellenen siparişler, ilgili tarihten itibaren ilerleyen 4 haftalık dönem için kesin siparişlerdir. Daha sonraki siparişler ise 1 yıla varan sürelerde öngörü siparişlerdir. Özellikle 4 haftalık dönem için alınan kesin siparişler incelendiğinde, bildirilen sipariş miktarı ile satılan ürün miktarının uyuşmadığı gözlemlenmiştir. Bu noktada bu durumu kritik hale getiren ise Valeo Elektrik fabrikası ile konsinye stok anlaşması üzerinden çalışılmasıdır. (Konsinye stok ile ilgili bilgiler ilerleyen bölümlerde verilecektir.) Konsinye stok anlaşması sebebiyle Valeo Elektrik fabrikası siparişlerini gerçekleşen satış miktarlarına oranla %20 - %30' a varan oranda yüksek miktarlarda bildirmektedir. Bu durumda WebEDI sistemi üzerinden bildirilen sipariş miktarlarına göre planlama ve lojistik faaliyetleri gerçekleştirildiğinde konsinye stok miktarı yükselmekte ve buna bağlı olarak stokta bulundurma maliyetleri artmaktadır. Ayrıca, satın alma faaliyetleri de yine WebEDI sistemi üzerinden bildirilen sipariş miktarlarına göre yapıldığında hammadde ve yardımcı malzeme alımları gerekenin üzerinde yapıldığından, hammadde ve yardımcı malzeme stok miktarı ve stokta

bulundurma maliyetleri artış göstermektedir. Aynı şekilde üretim faaliyetleri de yarımamül stok miktarı ve stokta bulundurma maliyetlerini artırmaktadır.

Sonuç olarak, bildirilen siparişlere göre planlama faaliyetleri yürütüldüğünde tüm stok miktarlarında artış olmakta ve buna bağlı olarak stokta bulundurma maliyetlerinde yükselme meydana gelmektedir. Bu durumun işletmenin maliyetlerini arttırdığı açıktır.

Oluşabilecek yüksek maliyetlerin önüne geçmek amacı ile Valeo Elektrik fabrikasına ait siparişler önceden tahmin etmeye çalışılmıştır. Gerçekleşen talepler üzerinden ürünlere ait talep-zaman grafikleri oluşturulmuş ve dağılıma uygun olup olmadıkları incelenmiştir. Şekil 4.1' de bir ürüne ait talep-zaman grafiği verilmiştir.



Şekil 4.2. Bir ürüne ait aylık gerçekleşen talepler (Ocak 2010 – Aralık 2016)

Şekil 4.1' de verilen grafikten görüldüğü üzere verilerin inişli çıkışlı yapısı sebebiyle gelecek dönemlere ait tahmin oluşturmak zordur. Ayrıca, ilgili gerçekleşen talep verileri CurveExpert Professional paket programı ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre anlamlı değerler veren uygun dağılımlar bulunamamıştır.

4.2. ABC-XYZ Analizi ile Ürünlerin Seçimi

Siparişleri analiz edilen Valeo Elektrik fabrikasına 52 çeşit parçanın üretimi ve sevkiyatı gerçekleştirilmektedir. Çalışma kapsamının belirlenmesi amacı ile ilgili 52 ürün için ABC-XYZ analizi yapılmıştır (Şekil 4.2).

		Karlılık Oranı		
		A	**B**	**C**
Ciro	**A**	X	X	Y
	B	X	Y	Z
	C	Y	Z	Z

Şekil 4.2 ABC-XYZ Analizi

Parçaların geçmiş bir yıllık ciroları ve yine aynı dönem için karlılık oranları hesaplanmıştır. Parçaların, cirolarına ve karlılık oranlarına göre ayrı ayrı ABC analizi yapılmıştır. Şekil 4.2' de görüleceği üzere her iki ABC analizi sonuçlarına göre parçalar X, Y ve Z gruplarına ayrılmıştır. Bu durumda X grubuna giren ciro ve karlılık oranları en yüksek 10 parça çalışma kapsamına alınmıştır.

4.3. Kaotik Verilerin Analizi

Geçmiş dönem satış verileri incelenen 10 parçanın gerçekleşen talepler üzerinden oluşturulan grafikleri incelendiğinde taleplerin inişli çıkışlı yapısı daha önceki bölümlerde anlatılmıştı. Geçmiş dönemlere ait satış adetlerine dayanarak yapılacak olan talep tahminlerinin güvenilirliğinin bir ölçütü olarak ilgili verilerin kaotiklik durumları incelenmiştir. İlerleyen bölümlerde kaotiklik hakkında bilgiler verilecek ve analizin nasıl yapıldığı anlatılacaktır.

4.3.1. Kaos nedir?

Kaos, başlangıç şartlarına aşırı duyarlı olan ve gürültü benzeri geniş güç spektrumuna sahip olan, düzensizliğin düzeni şeklinde tanımlanabilir. Bilimsel anlamda ilk defa Fransız filozof Henry Poincare tarafından 20. yüzyılın başlarında astronomi

çalışmaları sırasında, karmaşık bir sistemin kararlılığı ile ilgili olan çalışmalarda kullanılmıştır (Isham, 1992: Pamuk, 2013). Başlangıç koşullarındaki çok küçük farklar sonuçta büyük farklar oluşturmakta ve kestirilebilirlik imkânsızlaşmaktadır. Düzgün davranışa sahip dinamik sistemlerde çok küçük parametre değişikliği sonucu sistem kaosa sürüklenmektedir. Süreçleri kontrol edebilmek için eldeki verilerin analiz edilmesi gerekmektedir. Dinamik analizci olan Wolf, sistemlerin başlangıçtaki bilginin üstel bir hızla kaybını ve kestirilebilirliğin ortadan kalktığını, sistemin Lyapunov üstellerden hareketle ortaya koymuştur. Kaotik bir çözüm veren başlangıç koşullarına çok yakın bir başka grup için çözüm, bir önceki çözümden üstel olarak farklı zaman aralıklarında uzaklaşır. Bu uzaklaşmanın ölçüsü Lyapunov üsteli olup, pozitif bir Lyapunov üsteli kaotik, negatifi ise düzgün davranışı ortaya koyar (Wolf, 1985: Pamuk, 2013). Doğrusal olmayan dinamik sistemlerin gelişigüzel ve tahmin edilemez bir davranış göstermesi kaos olarak adlandırılmıştır (Yardım, 2010: Pamuk, 2013).

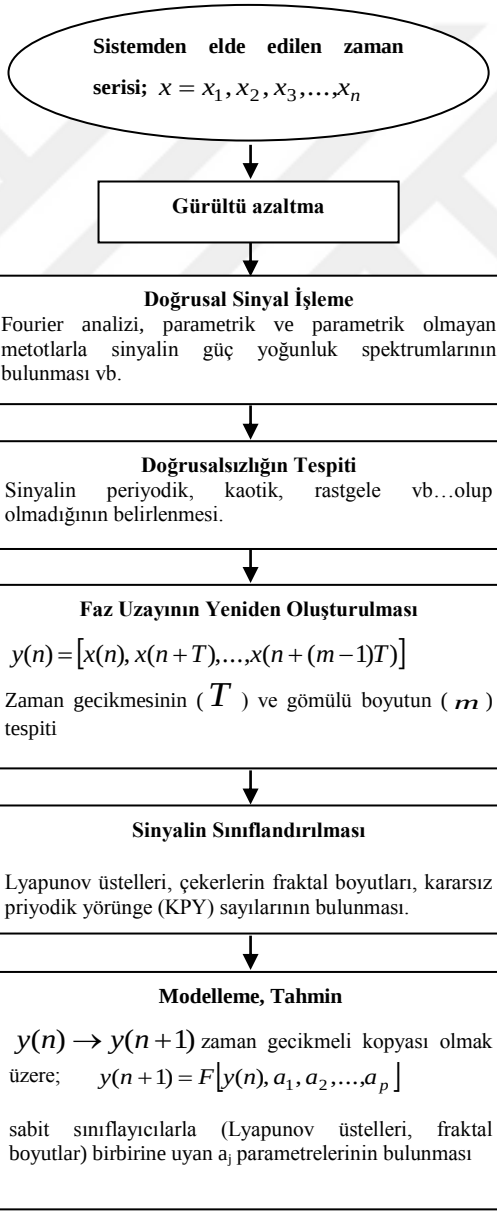
4.3.2. Kaotik analiz yöntemleri

Doğal olaylar zamana bağlı olarak, sürekli ve ayrık olmak üzere iki şekilde meydana gelir. Sürekli olaylar devamlı olarak ölçülmelidir. Zamanla gelişen olaylarda ayrık zamanlı değişimler fark denklemleri veya tekrarlama yolu ile çözülür. Tekrarlama, ayrık zamanlı gelişmelerin gösterilmesinin matematiksel bir yoludur ya da bir işlemin üst üste yinelenmesi olarak kabul edilir. Sürekli zamanlı değişimler için de türevsel denklemler kullanılır (Yılmaz ve Güler, 2006). Zaman içinde değişen herhangi bir büyüklüğün belirli aralıklarla ya da sürekli olarak ölçülmesi ile oluşan zaman dizilerinin analizinde ise çoğunlukla ne fark ne de türevsel denklemler bulunur (Pamuk, 2013).

Sisteme ait dinamiklerin en iyi şekilde analiz edilebilmesi için, sistemden alınan verinin mümkün olduğu en az ölçüde gürültüye sahip olması gerekir. Bu nedenle gürültü sinyalleri bastırılmalıdır. Kaotik sinyaller gürültü gibi geniş güç spektrumlarına sahip olduklarından, gürültü sinyallerinden ayrılmaları oldukça zordur. Bu nedenle doğrusal analiz geniş güç spektrumuna sahip sinyaller için iyi bir analiz metodu değildir. Kararsız dinamik sistemlere ait sinyallerin özelliği periyodik bir durumun olmamasıdır. Yine de sinyaldeki kararsızlığın veya değişimin kaynağını açıklayabilecek gizli bir periyodik

durumu araştırmak için, ilk olarak spektral analiz uygulanabilir (Yonemoto, 2004: Yılmaz ve Güler, 2006).

Doğrusal olmayan analize başlarken ilk yapılması gereken, skaler veri şeklindeki sinyalin faz uzayında oluşturulmasıdır. Skaler ölçüm; $x(n) = x(t_0) + n\tau_s)$ olarak gösterilir. Burada t_0 başlangıç zamanı, τ_s deneyde kullanılan cihazın örnekleme zamanıdır. $x(n)$, doğrusal olmayan devredeki bir gerilim ya da akım veya bir akışkan dinamiğindeki hız ya da yoğunluk olabilir (Abarbanel, 1993: Yılmaz ve Güler, 2006). Şekil 4.3' te, kaotik zaman dizisi analizlerine ait işlemler gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Kaotik zaman serisinin analizine ait işlemler (Yılmaz ve Güler, 2006)

Sinyalin ölçüldüğü sisteme ait dinamikleri modellemek için iki yaklaşım bulunmaktadır. Birinci yaklaşım, *x(n)* koordinatlarında fiziksel modelin yapılmasıdır. Modelin, çeşitli deneyler veya deneyin farklı özellikleri ile gerçekleştirilmesi gerekir. Eğer sistemin başlangıç koşullarına hassas bağımlılığının bir ölçüsünü veren Lyapunov üstellerinden birisi sıfır ise, dinamikleri belirlemek için türevsel denklemler düzenlenebilir. Çünkü türevsel bir denklem, sistemin sonlu bir zaman uzayındaki gösteriminden daha kesindir. İkinci yaklaşım hız, basınç, sıcaklık, gerilim gibi değerlerdeki değişimler için matematiksel modellerin yapılmasına dayanır. Faz uzayı içinde hareket eşitliklerinin çözümlenmesi sonucu konumlanan çekicinin boyutları ve sistemin Lyapunov üstelleri gibi nicelikler için modelin durumları araştırılır (Casaleggio and Corona, 2000: Pamuk, 2013).

4.3.3. En büyük Lyapunov üsteli metodu

1985 yılında Wolf ve diğerleri yazdıkları makalelerinde en büyük Lyapunov üsteli bulan ilk nümerik algoritmayı geliştirmişlerdir. 1985' ten bugüne en büyük Lyapunov üsteli konusunda çok sayıda algoritma geliştirilmiştir. Wolf ve diğerlerinin geliştirdiği metotta ilk olarak zaman serisinin faz uzayında yeniden oluşturulması gerekmektedir. Zaman serisinin faz uzayında çizilmiş yörüngelerinin zamanla birbirinden ıraksaması kaotik sistemin başlangıç koşullarına hassas bağlılığın bir göstergesidir. Bu nedenle Lyapunov üstellerinin hesaplanması gerekmektedir. Bir dinamik sistem için hesaplanan en büyük Lyapunov üsteli λ negatif çıkarsa sistem kaotik değildir. Eğer Lyapunov üstellerinden birisi λ pozitif çıkarsa sistem kaotiktir (Wolf, Swift vd. 1985: Alpar ve Eren, 2016).

Zaman serisi verilerinin faz uzayında çizilmiş yörüngeleri faz uzayında bir çeker oluşturur. Belirli bir değere yakınsayan sistemler faz uzayında bir sabit noktaya yaklaşırlar. Sabit noktaya yaklaşan sistemlerin Lyapunov üstelleri negatiftir. Kaotik olmayan periyodik sistemlerin faz uzayındaki çekeri limit döngü de denilen bir halka benzeri bir şekildir. Eğer zaman serisinde iki değişken varsa, çekici limit torus da denilen bir simit halini alacaktır. Daha fazla değişkenin olması durumunda, çekici bir *n* boyutlu simit olacaktır. Halka ya da simit çekeri oluşturan verilerin yakınsama veya ıraksamalarının Lyapunov üstelleri sıfır olacaktır. Kaotik bir sisteme ve kaotik verilere ait çeker, simit ve limit döngüden oldukça

farklıdır. Yörüngeler aynı nokta üzerinden birden fazla geçmezler, periyodik olmayan bir durumu ifade etmektedir. Eğriler birbirini izlemez ve üstel olarak birbirlerinden ıraksarlar. Bu çekerlere "garip çeker" denilmektedir (Wolf, 1986: Alpar ve Eren, 2016).

4.3.4. Faz uzayının oluşturulması

Bir zaman serisini analiz ederken tek değişken kullanıldığı için; verilerin nasıl bir davranış gösterdiğini görebilmek için faz uzayında bu verilerin yeniden yapılandırılması gerekmektedir (Cencini, 2010: Alpar ve Eren, 2016). Zaman gecikmeli koordinatlar metodu Takens teoremi olarak bilinmektedir ve dinamik bir sisteme ait veriden, çok boyutlu faz uzayına geçiş için en bilinen ve kullanılan metottur (Sauer, Yorke vd.1991: Alpar ve Eren, 2016).

Takens teoremine göre; eğer zaman boyunca bir sistemden yalnızca tek bir değişken elde ediliyorsa, zaman serisi verilerinin bir veya daha fazla zaman gecikmeli kopyaları kullanılarak, bu değişkenden sistemin kaotik dinamiklerini hesaplamak mümkündür. Buna göre; *m* boyutlu faz uzayında oluşturulan zaman serisi verilerinin kaotik özellikleri, varsayımsal olarak o verilere ait denklemlerin özellikleri ile aynıdır (Abarbanel, Brown, vd. 1993: Alpar ve Eren, 2016). *m* boyutlu faz uzayında, zaman gecikmesi ile yeniden inşa edilen faz uzayı denklemi matematiksel olarak ifade edildiğinde;

$$\vec{y_i} = [x(i\Delta t),\ x(i\Delta t+T),\ x(i\Delta t+2T),\ \ldots,\ x(i\Delta t+(m-1)T)] \tag{4.1}$$

şeklindedir. Faz uzayını yeniden oluşturmak için farklı zaman gecikmesinin (*T*) ve yerleştirme (gömülü) boyutunun (*m*) seçimleri, farklı çekerleri oluşturacağından, zaman gecikmesi ve yerleştirme boyutunun belirlenmesi önemlidir (Takens, 1981: Alpar ve Eren, 2016).

4.3.5. Zaman gecikmesinin belirlenmesi

Kaotik zaman serisinin analizine başlarken yapılan ilk işlem (*T*) zaman gecikmesinin belirlenmesidir. Faz uzayının yeniden oluşturulması için seçilecek herhangi bir zaman aralığı (*T*), veriden istenilen bilgileri çıkarmak için uygun olmayabilir. Eğer *T*

çok küçük seçilirse $x(n+jT)$ ve $x(n+(j+1)T)$ koordinatları birbirine çok yakın olacağından birbirinden ayırt edilemezler. Eğer T çok büyük seçilirse $x(n+jT)$ ve $x(n+(j+1)T)$ istatistiksel anlamda tamamen birbirinden bağımsız olacağından çeker üzerindeki bir yörüngenin izdüşümü birbirinden tamamen bağımsız iki yön üzerinde oluşur. Bu nedenle T' nin seçimi önemlidir (Brown, 1991: Yılmaz ve Güler, 2006). Zaman gecikmesini bulmak için en çok kullanılan metot ise ortak bilgi fonksiyonudur. Ortak bilgi fonksiyonunda ilk minimize olan nokta (T) gecikme zamanı olarak kullanılır (Fraser and Swinney, 1986: Alpar ve Eren, 2016).

4.3.6. Gömülü (Yerleştirme) boyutun belirlenmesi

Yerleştirme boyutu, zaman serisi için çizilecek çekeri doğru görebilmek için faz uzayının kaç boyutta olması gerektiğini göstermektedir. Analizi yapılan zaman serisi zamana bağlı tek değişkenin izlendiği bir yapıdadır. Yerleştirme boyutu m analizi yapılan değişkeni etkileyen ana faktörlerin sayısının ne kadar olduğunu göstermektedir. Ayrıca hesaplanacak Lyapunov üstellerin sayısını da yerleştirme boyut sayısı m belirlemektedir. Diğer bir deyişle m boyutlu bir sistemin m tane Lyapunov üsteli olmaktadır. En büyük Lyapunov üsteli araştırmasında diğer Lyapunov üstellerinin hesaplanmasına gerek duyulmamaktadır. Yerleştirme boyutunun bulunmasında en yakın yanlış komşular yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemle doğru komşular yanlış komşulardan ayırt edilir. Yanlış komşular olması gerekenden daha küçük yerleştirme boyutu kullanıldığında ortaya çıkmaktadır. Yerleştirme boyutu bulunurken öncelikle belirlenen maksimum m değeri kadar yanlış komşular oranı hesaplanmakta ve grafiği çizilmektedir. Yanlış komşuların sıfır olduğu noktada m değeri bulunmuş olmaktadır.

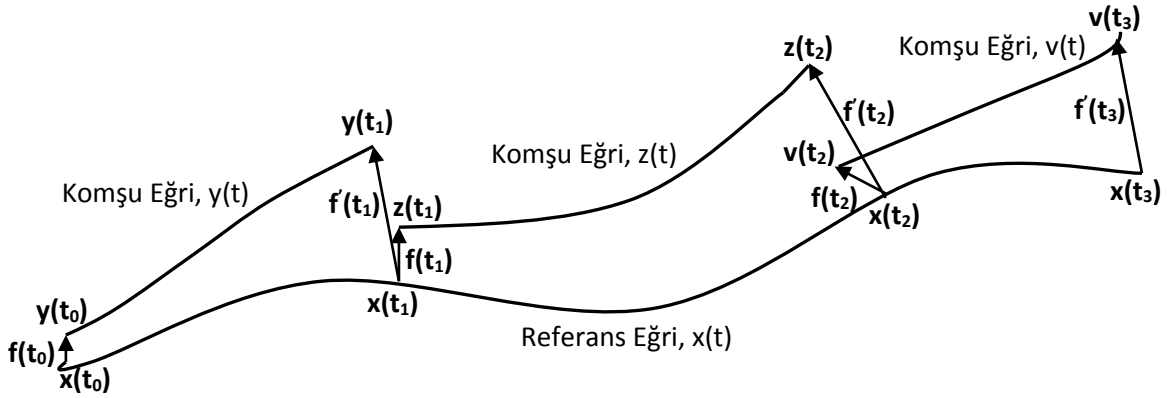
m boyutlu faz uzayı içindeki her bir vektör bir en yakın komşuya sahiptir. Bu vektörler arasında m ve $m+1$ boyutta oluşan Öklid farkları hesaplanmaktadır. Komşuların yanlış olduğu kararını vermek için bu Öklid farklar arasındaki fark değerlendirilmektedir. Bu öklit farkları birbirine çok yakın ise bu noktaya ait olan, hesaplanmış en yakın komşular doğrudur ve bu noktadaki boyut, yerleştirme boyutu olarak kabul edilebilir. Bu kararın verilebilmesi için bir eşik değeri gerekir. Eşik değerinin öznel olarak seçimi özellikle zaman serilerinin analizlerinde farklı yerleştirme boyutların elde edilmesine sebep olmaktadır. Bunun için yanlış komşuluk analizi yapılmaktadır. Hesaplanan yanlış

komşuluk noktalarının oranı sıfıra ulaştığında yerleştirme boyutu bulunmuş olmaktadır (Kennel, Brown vd. 1992: Alpar ve Eren, 2016).

4.3.7. En büyük Lyapunov üstelinin hesaplanması

Lyapunov üstelleri sistemin başlangıç koşullarına hassas bağlılığının yani dinamiğinin kaotik olup olmadığının anlaşılmasında büyük önem taşır. En büyük Lyapunov üsteli sistemin dinamiğinin belirleyicisi olduğundan, problem çoğu zaman bu en büyük üstelin bulunmasıdır.

Bu amaçla geliştirilmiş çok çeşitli algoritmalar bulunmaktadır (Wolf, 1985: Uzel, 2008). Lyapunov üstelleri hesaplanırken genellikle en büyük Lyapunov üsteline bakılır. En büyük Lyapunov üsteli sıfırdan büyük çıkıyorsa üzerinde çalışılan zaman serisi verileri kaotiktir. Ayrıca en büyük Lyapunov üsteline bakarak verilerin kaotik derecesi de ölçülmektedir (Wolf, 1985: Alpar ve Eren, 2016). En büyük Lyapunov üstelinin hesaplanırken oluşan eğriler Şekil 4.4' te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Lyapunov üstelinin hesaplanması (Yılmaz ve Güler, 2006)

Algoritmaya göre en büyük Lyapunov üsteli şöyle hesaplanabilir. $x(t_0)$ referans noktası ve $y(t_0)$ en yakın komşu nokta seçilerek, bu noktalar arasındaki ayrılma mesafesi $f(t_0)$ bu iki nokta arasındaki öklit farkı ile bulunur;

$$f(t_0) = \|x(t_0) - y(t_0)\| \tag{4.2}$$

Bu noktaların ait oldukları eğrilerin (x ve y eğrileri) t_1 zamanı sonrasındaki değerleri kullanılarak da $f'(t_1)$ farkı yine aynı şekilde hesaplanır. Referans eğrinin t_1 noktasında $x(t_1)$, ilk seçilen eğri (y eğrisi) ile yaklaşık olarak aynı yöne sahip yeni bir eğri (z eğrisi) seçilir ki $z(t_1)$ noktası $x(t_1)$ noktasına en yakın olandır ve aralarındaki öklit farkı $f(t_1)$ bulunur. Bir t_2 zamanı için yine bu eğrilere (x ve z) ait noktalar arasındaki fark da $f'(t_2)$ olarak bulunur. Bu arada elde edilen öklit farklarının oranı $f'(t_1)/f(t_0)$ veya $f'(t_2)/f(t_1)$ her bir nokta çifti arasındaki genişlemeyi verir. $\log (f'(t_{i+1})/f(t_i))/(t_{i+1}-t_i)$ eğrinin bir noktadan itibaren üstel genişlemesini verir. İlgili işlem N defa tekrar edilir ve en büyük Lyapunov üsteli ise;

$$\lambda = \frac{1}{t_N - t_0} \sum_{i=1}^{N} \log \frac{f'(t_i)}{f(t_{i-1})} \tag{4.3}$$

formülüyle hesaplanır (Wolf,1985: Yılmaz ve Güler, 2006).

4.3.8. Geçmiş dönem satışlarındaki kaotikliğin, Lyapunov üsteli metodu ile MATLAB programında incelenmesi

Geçmiş dönem satış miktarları, MATLAB programı "data" veriler sayfasına 10x60' lık bir matris olarak Şekil 4.5' teki tablo halinde kaydedilmiştir. Zaman gecikmesi, gömülü boyutun bulunması için satış miktarları bu sayfadan alınacaktır.

Variables - data

data

10x60 double

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	183456	183456	191296	186592	167776	170922	170912	90944	200704	225792	175616	112896	213248
2	0	0	0	0	0	306	0	0	0	0	0	0	0
3	44928	48384	53568	44064	42624	50400	46368	19152	45360	37296	37296	31248	49392
4	40608	35424	43200	31968	39744	34272	41328	26208	30240	45360	28224	27216	36288
5	0	0	0	0	0	306	0	0	0	0	0	0	18
6	0	0	4000	7600	14400	12000	9200	13600	23600	26800	30000	20000	38400
7	204750	215250	185500	164500	208250	232750	283500	108500	190750	217000	204750	99750	285250
8	203000	252000	150500	168000	210000	192500	169750	108500	187250	206500	204750	64750	232750
9	551250	540000	616500	452250	474750	488250	578250	247500	438750	434250	398250	340500	525000
10	59224	62720	61152	61152	59584	62725	53312	31360	59584	65856	53312	37632	65856

Şekil 4.5. Satış miktarlarını içeren veriler sayfası

Şekil 4.5' te verilen matrisin 10 satırı sırasıyla ABC-XYZ analizinde seçilen 10 ürüne ait geçmiş dönem satış verilerini içermektedir. Matrisin sütunları ise sırasıyla 60 aylık verileri içermektedir.

Zaman gecikmesinin bulunması için ortak bilgi fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu fonksiyonun formüllerini kullanmak üzere çağıran komut penceresi U1 parçası için Şekil 4.6' da verilmiştir

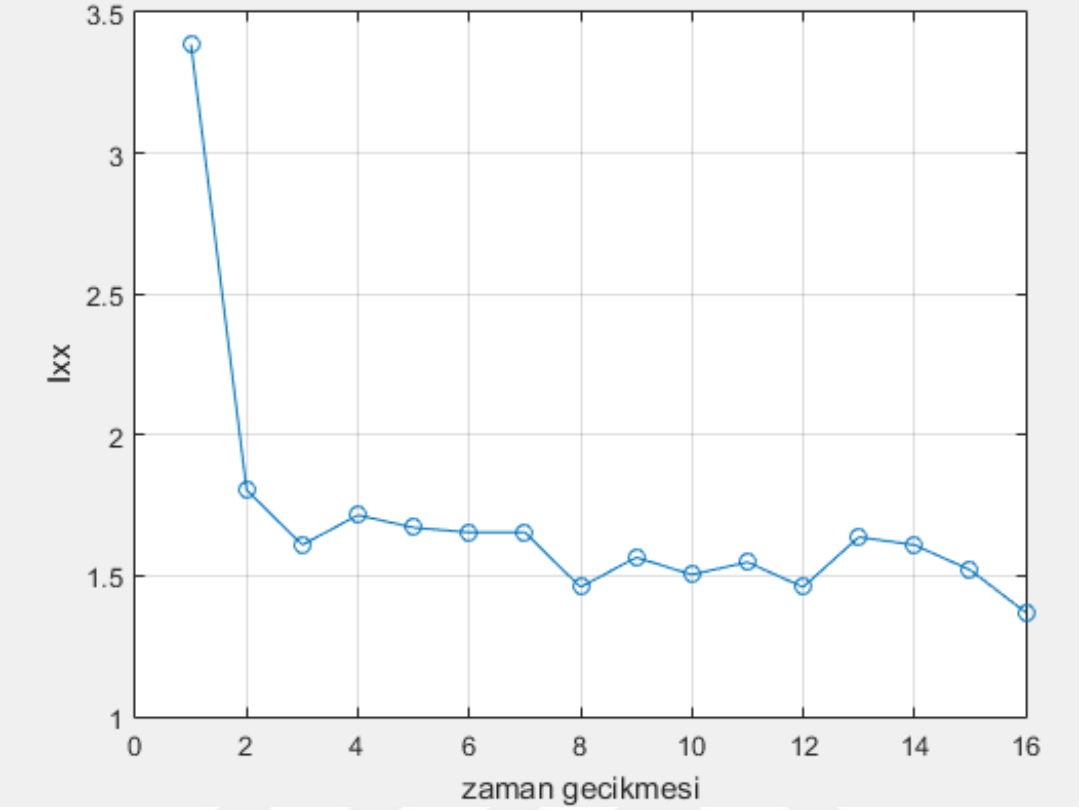
urun_1.m

```
clear all
close all

load('data.mat')
U1=data(1,:);
n=size(U1,2);
m=15;
nb=16; %number of bins to use in calculation (default=16)
[Ixx] = ami(U1,n,m,nb);
zg=1:length(Ixx);
plot(zg,Ixx,'-o')
grid
xlabel('zaman gecikmesi')
ylabel('Ixx')
%[LLE lambda]=lyaprosen(U1,0,0);
```

Şekil 4.6. U1 parçası için ortak bilgi fonksiyonunun formüllerini kullanmak üzere çağıran komut penceresi

Şekil 4.6' da verilen komut penceresindeki formüller sayesinde ortak bilgi fonksiyonu grafiği çizilecektir. İlgili formüller daha önce "data" sayfasına girilmiş olan verileri (Bkz. Şekil 4.5) çağırmaktadır. Ayrıca, ortak bilgi fonksiyonunu için gerekli hesaplamalarda kullanılacak parametreler de ilgili komut penceresinde girilmektedir. Girilen parametre değerleri ve çağırılan geçmiş dönem satış verileri kullanılarak algoritma çalıştırılmaktadır. Algoritma çalıştırılması sonrasında bulunan değerler grafik şeklinde çıktı olarak verilmektedir. Ortak bilgi fonksiyonunda ilk minimize olan nokta (*T*) gecikme zamanını vermektedir. U1 parçası için zaman gecikmesinin bulunmasında kullanılan ortak bilgi fonksiyonu grafiği Şekil 4.7' de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. U1 parçası için zaman gecikmesinin bulunmasında kullanılan ortak bilgi fonksiyonu grafiği

Şekil 4.7' de görüldüğü üzere grafikte ilk minimum olan nokta 3 olduğu için U1 parçasının zaman gecikmesi (*T*) 3 olarak bulunur.

Ortak bilgi fonksiyonu kullanılarak zaman gecikmesi bulunduktan sonra, en yakın yanlış komşular yönteminde bu değer yerine konularak gömülü boyutun hesaplanması gerekmektedir. Şekil 4.8' de gömülü boyutun hesaplanması için en yakın yanlış komşular yöntemi formüllerini kullanmak üzere çağıran komut penceresi verilmiştir. Bu komut penceresindeki formüller sayesinde *x*- ekseninde gömülü (yerleştirme) boyut, *y*- ekseninde yanlış komşuların yer aldığı grafik çizilecektir.

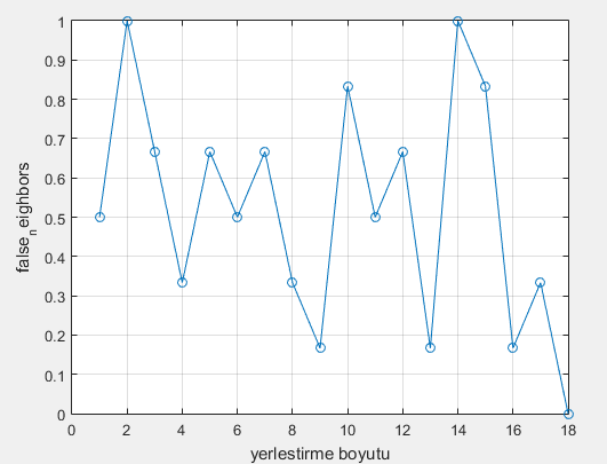
urun_1_1.m

```
clear all
close all

load('data.mat')
U1=data(1,:);
m=3; %delay time for U1
D=17; %   D - maximum embedding dimension to consider
n=36; %number of points to consider;
r=15;%   R - (optional) is used to detect fnn when z(k+1) is greater than R*d(k)
      %   the default value is 5 and KBA suggests (15-20)
s=0.5; %   s - (between 0 and 1, optional) determines the threshold for z(k+1)
       %   beeing greater than std of uncorr random noise (default is 0.5)
[fnn,Dx,Dz] = false_neighbors(U1, m, D, n, r, s);
yb=1:length(fnn);
plot(yb,fnn,'-o')
grid
xlabel('yerlestirme boyutu')
ylabel('false_neighbors')
%[LLE lambda]=lyaprosen(U1,0,0);
```

Şekil 4.8. U1 parçası için en yakın yanlış komşular fonksiyonunun formüllerini kullanmak üzere çağıran komut penceresi

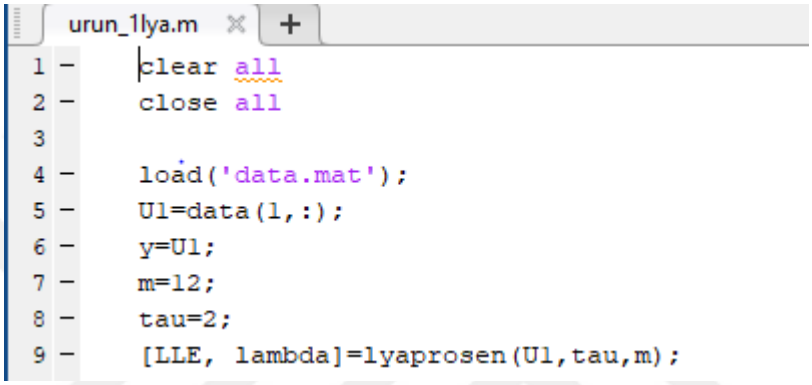
Şekil 4.8' da verilen komut penceresindeki formüller daha önce "data" sayfasına girilmiş olan verileri (Bkz. Şekil 4.5) çağırmaktadır. Ayrıca, en yakın yanlış komşular için gerekli hesaplamalarda kullanılacak parametreler de ilgili komut penceresinde girilmektedir. Girilen parametre değerleri ve çağırılan geçmiş dönem satış verileri kullanılarak algoritma çalıştırılmaktadır. Algoritma çalıştırılması sonrasında bulunan değerler grafik şeklinde çıktı olarak verilmektedir. U1 parçası için gömülü boyutun bulunmasında kullanılan en yakın yanlış komşular grafiği Şekil 4.9' da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. U1 parçası için yerleştirme boyutunun bulunmasında kullanılan en yakın yanlış komşular grafiği

Şekil 4.9’ da verilen grafikte ilk sıfır (0) olan nokta gömülü boyutu (*m*) verecektir. Bu değer 18 olduğu için *m*- gömülü boyut 18 olarak bulunur.

Zaman gecikmesi ve yerleştirme (gömülü) boyutu bulunduktan sonra bu değerler yerine konularak en büyük Lyapunov üsteli hesaplanır. Şekil 4.10’ da en büyük Lyapunov üstelinin hesaplanmasında bu yöntemin formüllerini kullanmak üzere çağıran komut penceresi U1 parçası için verilmiştir.



Şekil 4.10. U1 parçası için en büyük Lyapunov üstelinin formüllerini kullanmak üzere çağıran komut penceresi

Şekil 4.10’ da verilen komut penceresindeki formüller daha önce “data” sayfasına girilmiş olan verileri (Bkz. Şekil 4.5) çağırmaktadır. Ayrıca, en büyük Lyapunov üsteli için gerekli hesaplamalarda kullanılacak zaman gecikmesi parametresi ve yerleştirme (gömülü) parametresi de ilgili komut penceresinde girilmektedir. Girilen parametre değerleri ve çağırılan geçmiş dönem satış verileri kullanılarak algoritma çalıştırılmaktadır. Algoritmanın çalıştırılması sonucu elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. U1 parçası için bulunan lambda değerleri

***m* gömülü boyut**	**λ değerleri**
1	0,0252
2	0,0209
3	0,0271
4	0,0345
5	0,0403
6	0,0524
7	0,0474
8	0,0506
9	0,0622
10	0,0326
11	0,0178
12	0,0226
13	0,0197
14	0,0334
15	0,0414
16	0,0435
17	0,0521
18	0,0392

Çizelge 4.1' de U1 parçası için bulunan lambda değerleri gösterilmiştir. Girilen yerleştirme boyutu sayısı kadar λ değeri hesaplandığı görülmektedir. 9 numaralı λ değeri 0,0622 ile en büyük Lyapunov üstelini vermektedir. İncelenen tüm parçalar için hesaplanan en büyük Lyapunov üstei değerleri Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tüm parçalar için en büyük Lyapunov üsteli (Largest Lyapunov Exponent – LLE)

Parça	**LLE**	**Verilerin Durumu**
U1	0,0622	Kaotiktir.
U2	0,0170	Kaotiktir.
U3	0,0321	Kaotiktir.
U4	0,0269	Kaotiktir.
U5	0,0016	Kaotiktir.
U6	0,0066	Kaotiktir.
U7	0,0058	Kaotiktir.
U8	0,0072	Kaotiktir.
U9	0,0060	Kaotiktir.
U10	0,0307	Kaotiktir.

Çizelge 4.2' de verildiği üzere 10 kritik parça için hesaplanmış en büyük Lyapunov üsteli (Largest Lyapunov Exponent – LLE) değerleri sıfırdan büyük çıktığı için üzerinde çalışılan geçmiş dönem satış verileri kaotiktir.

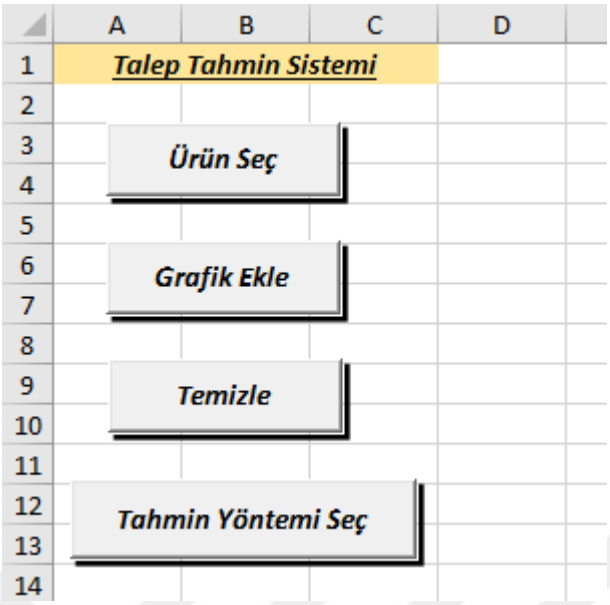
4.4. Önerilen Talep Tahmin Sisteminin Tanıtılması

Tasarlanan tahmin sistemi, geçmiş dönem satış adetleri verilerinin kullanıcı tarafından girilerek, ilgili verilere bağlı olarak grafiklerini oluşturabildiği bir giriş ekranı sunar. Ardından kullanıcı grafik üzerinden desen seçerek veri başlangıç noktasını belirleyebilir. Seçilen desene uygun olarak kullanıcı tarafından üç adet talep tahmin yöntemi arasından tercih yapması ve sonuçları elde etmesi sağlanmıştır. Sistem, geçmiş dönem satış adetlerinin analizinin yapılarak, talep tahmin sonuçlarının elde edilebileceği ve Microsoft Excel programında oluşturulmuş bir karar destek sistemidir.

İşletmelerin çoğu Microsoft Office programları dışında bir yazılım satın almayı tercih etmemektedir. Lisanslı program alma zorunluluğu ve maliyet özellikle küçük ve orta büyüklükteki işletmeleri (KOBİ) bu anlamda kısıtlamaktadır. Dolayısı ile tasarlanan sistem işletmelerde Microsoft Excel programı kullanılarak çalıştırılabilir. Satın alma ve Üretim Bölümlerinde yaygın olarak kullanılan Microsoft Excel gerek verilerin işletmelerde Excel ortamında tutulması gerek bir takım raporlama ve istatiksel göstergelerin hesaplanması için kullanılması sebebiyle de bölümler arası veri ve bilgi gerektiren durumlarda tercih sebebidir. Ayrıca, işletmelerde kullanılan MRP/ERP yazılımlarının Microsoft Excel programında tutulan verileri kolaylıkla sistemlerine dahil edebilmesi ve ilgili yazılımlardan alınan raporların Excel programı üzerinden verilebilmesi Excel programının seçilmesinde etkili olmuştur.

İlerleyen bölümlerde talep tahmin sisteminin nasıl çalıştığı ve yetenekleri ekran görüntüleri ile anlatılacaktır. Sistem, tahminde kullanılacak geçmiş dönem satış verilerinin kullanıcı tarafından kolaylıkla girebileceği bir veri tabanı alt sistemine sahiptir. Veri tabanına girilen veriler ürünler bazında çağırılarak geçmiş dönem satış adetlerine ait grafikler oluşturulur. Kullanıcı isteğine bağlı olarak talep tahmin yönteminin seçilmesinin ardından ya verilerin tamamı ya da grafik üzerinden seçilen desene göre veri kümesi belirlenebilir. Son olarak kullanıcıya sonuç penceresi sunulur.

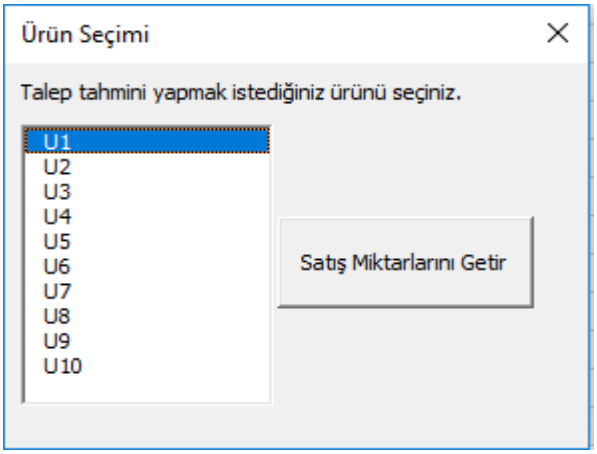
Talep Tahmin Sistemi açıldığında kullanıcıyı Şekil 4.11’ de görülen giriş ekranı ile karşılar.



Şekil 4.11. Tasarlanan talep tahmin sisteminin başlangıç arayüzü

Giriş ekranında, kullanıcının daha önce veri tabanına girmiş olduğu bilgi ve verilere bağlı olarak, veri tabanında bilgileri bulunan ürünlerden bir ürünü seçilebileceği "Ürün Seç" butonu bulunmaktadır. Seçilen ürünün grafiği "Grafik Ekle" butonu aracılığıyla oluşturulabilmektedir. Ayrıca, istenirse verileri ve grafiği silmek için "Temizle" butonu bulunmaktadır. Son olarak yapılması istenen tahmin yönteminin seçileceği ve kullanıcıyı sonuçların sunulacağı sonuç ekranına taşıyan "Tahmin Yöntemi Seç" butonu yer almaktadır.

"Ürün Seç" butonuna tıklandığında Şekil 4.12' de görülen "Ürün Seçimi" mini penceresi kullanıcıya sunulmaktadır.



Şekil 4.12. Talep tahmini yapmak için ürün seçimi arayüzü

Pencerede, kullanıcının daha önce veri tabanına girmiş olduğu bilgilere bağlı olarak ürün kodları/adları bulunmaktadır. Çalışmanın yapıldığı işletmenin kodlarını gizli tutmak amacı ile ABC-XYZ analizindeki sıralarına göre parçalara U1, U2, …, U10 kodları verilmiştir. Şekil 4.12' de ilk ürün U1 ve son ürün U10 olmak üzere tahmini yapılmak istenen ürün seçilip, "Satış Miktarlarını Getir" butonuna tıklanır.

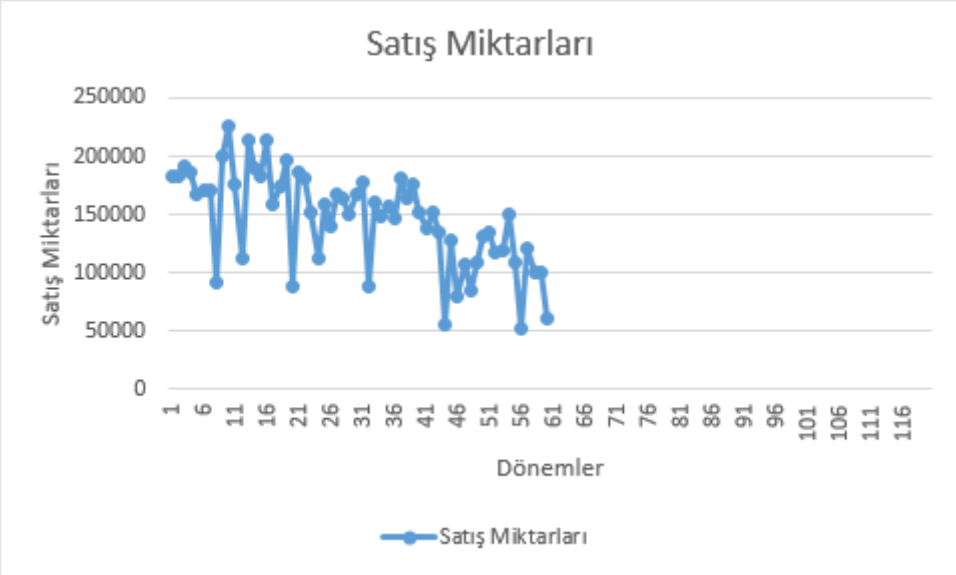
"Satış Miktarlarını Getir" butonuna tıklanmasının ardından ürüne ait kod, aylık dönemler, ay ve yıl olmak üzere dönemlerin tarihleri ve satış miktarı verilerini içeren bilgiler ekrana gelmektedir (Şekil 4.13).

Dönem	Tarih	Satış Miktarları
1	Oca.12	183456
2	Şub.12	183456
3	Mar.12	191296
4	Nis.12	186592
5	May.12	167776
6	Haz.12	170922
7	Tem.12	170912
8	Ağu.12	90944
9	Eyl.12	200704
10	Eki.12	225792
11	Kas.12	175616
12	Ara.12	112896
13	Oca.13	213248
14	Şub.13	189728
15	Mar.13	183456

Ürün Kodu
U1

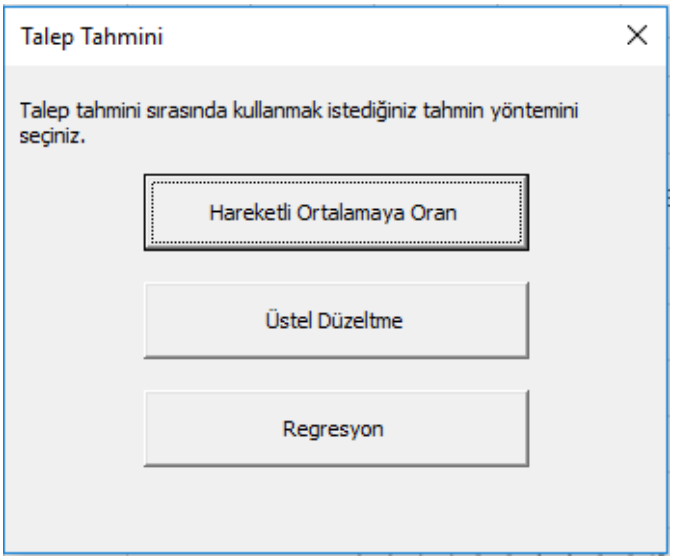
Şekil 4.13. Ürüne ait kod, dönem, tarih ve satış miktarlarını gösteren veri sütunları (U1 için)

Şekil 4.13’ te U1 kodlu ürüne ait kod, dönem, tarih ve satış miktarlarını gösteren veri sütunları verilmiştir. Satış miktarlarının getirilip Bkz. Şekil 4.11’ de görülen “Grafik Ekle” butonuna basıldığında; x-ekseninde dönemler, y-ekseninde satış miktarları olacak şekilde U1’ e ait Satış Miktarları grafiği Şekil 4.14’ te görüldüğü üzere giriş ekranına çizilmektedir.



Şekil 4.14. U1’ e ait satış miktarları grafiği

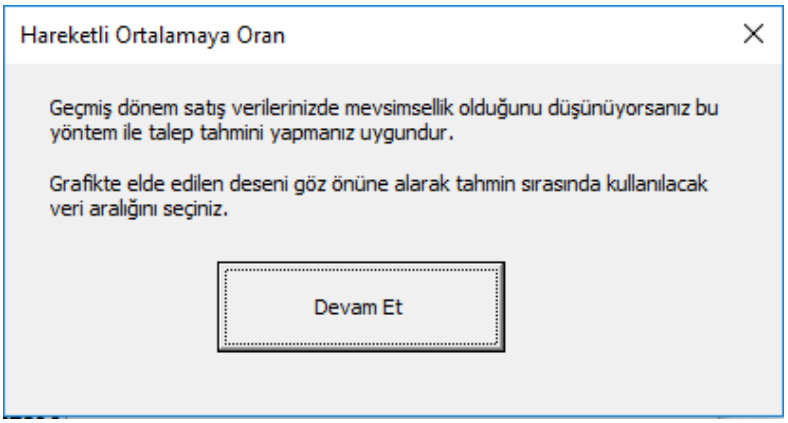
Doğru talep tahmini yapabilmek için önemli koşullardan biri de uygun bir talep tahmin yönteminin seçilmesidir. Şekil 4.14’ te verilen geçmiş dönem verilerine ve grafiğe bakıldıktan sonra Bkz. Şekil 4.11’ de bulunan “Tahmin Yöntemi Seç” butonuna basıldığında kullanıcıya sunulan “Talep Tahmini” mini penceresi Şekil 4.15’ te gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Talep tahmin yönteminin seçilmesi için kullanılan arayüz

Şekil 4.15' te kullanıcı kendisine en uygun olan hareketli ortalamaya oran, üstel düzeltme ve regresyon yöntemlerinden birini seçebilecektir.

Talep tahmin yöntemi olarak hareketli ortalamaya oran tercih edildiğinde, kullanıcıyı hareketli ortalamaya oran yöntemi hakkında bilgilendiren arayüz Şekil 4.16' da verilmiştir.

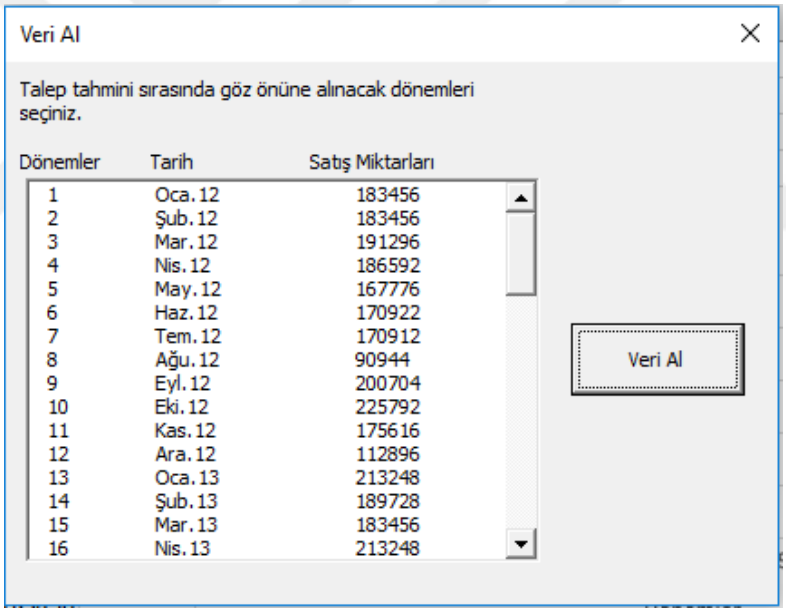


Şekil 4.16. Hareketli ortalamaya oran yöntemi bilgilendirme arayüzü

Hareketli ortalamaya oran yöntemi, satış miktarlarında mevsimselliğin olduğu verilerde kullanılan talep tahmin yöntemidir ve geçmiş dönem verilerini içeren grafikteki

desen göz önüne alınarak tahmin yapılmalıdır. İlgili yöntem seçildiğinde Şekil 4.16 ile kullanıcıya bu durumlarla ilgili bilgiler verilip daha sonrasında devam etmesi sağlanır.

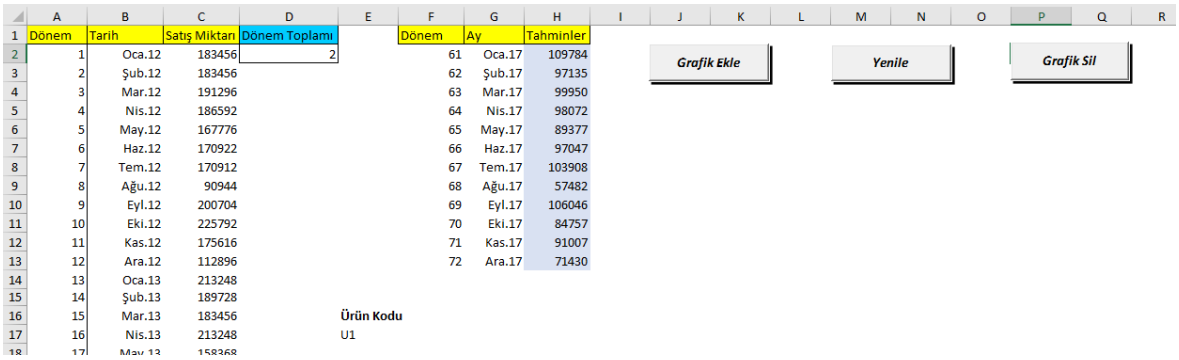
Geçmiş dönem satış miktarlarında bir desen oluşmuşsa, o ürünün bütün geçmiş dönem verilerini kullanarak tahmin yapmak sağlıklı olmayacaktır. Bu yüzden desenin başladığı ilk dönemden itibaren verileri seçip, tahminin yapılması daha doğru sonuçlar verecektir. Bu sebeple geçmiş dönem satış verilerinde desen olup olmadığının tespiti ve desen oluşmuş ise desenin başlangıç döneminin tespiti için kullanıcıya geçmiş dönem satış adetleri grafiği sunulmuştur. Hareketli ortalamaya oran yöntemi için Şekil 4.16' de görülen "Devam Et" butonu tıklandıktan sonra, kullanıcıya sunulan ürünün talep tahminin yapılması için başlaması gereken dönemden itibaren veri almasını sağlayan arayüz Şekil 4.17' de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Başlangıç döneminden itibaren veri alınmasını sağlayan arayüz (U1 için)

Şekil 4.17' de verilen arayüzde ilk noktaya ait dönemden itibaren aşağıya doğru seçilip istenilen veri aralığı seçilerek "Veri Al" butonu tıklanmalıdır.

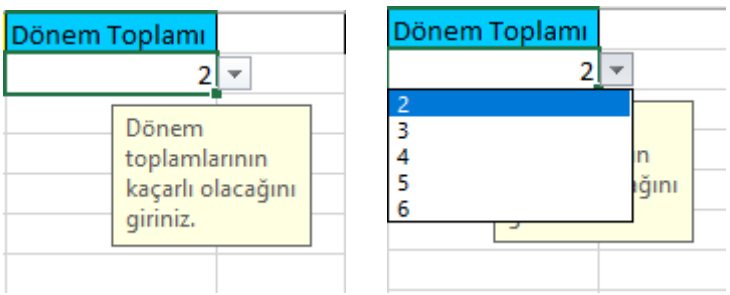
"Veri Al" butonunun tıklanmasının ardından sistem, kullanıcıyı hareketli ortalamaya oran yöntemi ile yapılmış tahminlerin bulunduğu Şekil 4.18' de görülen yeni bir sayfaya yönlendirecektir.



Şekil 4.18. Ürün bilgileri ve hareketli ortalamaya oran yöntemi ile tahmin sonucunun gösterildiği arayüz (U1 için)

Şekil 4.18' de seçilen ürünün dönem, tarih, satış miktarları, dönem toplamı ve hareketli ortalamaya oran yöntemi ile yapılan tahminin sonuçlarını gösteren arayüz verilmiştir. İlgili sayfada, seçilen desenin başlangıç noktası tahmin için başlangıç noktası (*t=1*) olmak üzere, döneme ait tarih (ay ve yıl olarak), satış miktarı ve istenilen dönem toplamı ekranın sol tarafında belirtilmektedir. Ekranın sağ taraftaki 12 aylık tahminlerin dönemleri, geçmiş yıllarda alınan dönemlerin devamı niteliğindedir. Grafikten alınan ilk dönem hangi aya ait veriyse, tahminine başlanacak ilk dönem de yine aynı aydan itibaren olan tahmindir.

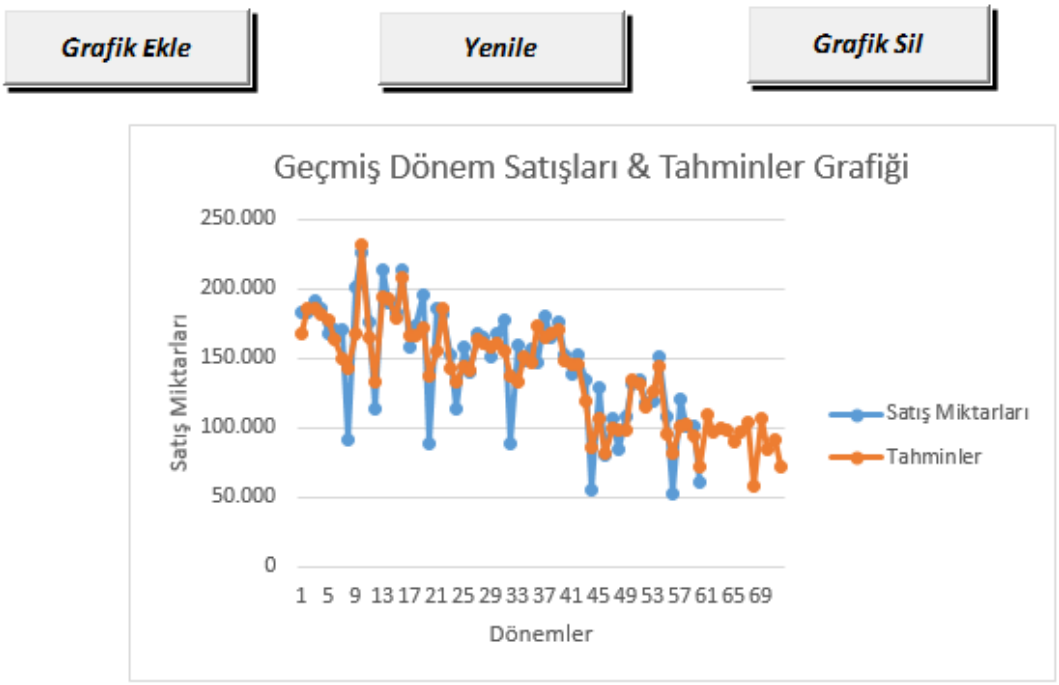
Tahminleri yapmak için hareketli ortalamaya oran yöntemi doğrultusunda bir dönem toplamı (2,3,4,5 ve 6) belirlenerek tahmin yapılır. Şekil 4.19' da gösterilen dönem toplamı değiştirme çubuğundan daha önce tanımlanmış dönem toplamlarından verilere uygun olarak seçim yapılır.



Şekil 4.19. Dönem toplamı seçme/değiştirmearayüzü

Tahmin sonuçları Şekil 4.19' da verilen dönem toplamı parametresine dinamik olarak bağlı olduğundan, sonuçlar seçilen döneme göre otomatik olarak yeniden hesaplanarak ekranda gösterilecektir.

Girilen parametrelerle oluşturulan tahmin sonuçlarını ve geçmiş dönem verilerini grafik üzerinde analiz edebilmek için "Grafik Ekle" butonuna tıklanmalıdır (Bkz. Şekil 4.18). Şekil 4.20' de mavi ile belirtilen noktalar geçmiş satış miktarları, turuncu ile belirtilen noktalar hareketli ortalamaya oran hesaplama sayfasından bulunan ve seçilen dönem toplamına bağlı olarak mevsimsellik etkisi giderilerek yeniden oluşturulmuş grafik verileri ve mavi noktalardan itibaren devam eden turuncu noktalar ise tahminlere ait verilerin grafiğe yansıtılmış halidir. Dönem toplamları değiştirilip, "Yenile" butonuna tıklanarak tekrar oluşturulan geçmiş satış miktarları ve tahminler grafiği ile uyuşacak en uygun dönem toplamı belirlenir. Belirlenen dönem toplamına göre hesaplama sayfasından yapılacak işlemlerle tahminler bulunur ve grafiğe yansıtılır.



Şekil 4.20 Geçmiş dönem satışları ve tahminler grafiği (U1 için)

Hareketli ortalamaya oran yönteminde, seçilen dönemler toplamı değerine göre satış miktarlarının 2, 3, 4, 5 veya 6' şarlı dönem toplamı bulunur. Bulunan toplamlardan

hareketle ortalamalar elde edilir. İlgili dönemdeki satış miktarının ortalamaya oranı ile o döneme ait mevsimsel indeks hesaplanır. İlgili ürüne ait oluşturulan satış miktarları grafiğine bakılarak tahminleme için hangi aydan itibaren veriler alındıysa hesaplamalar sonucu elde edilen ilk mevsimsel indeks değeri kullanılan aydan bir sonraki aya ait olan mevsimsel indeks olarak kabul edilir. Her yıla ait farklı aylardaki mevsim indeksleri tabloya aktarılır; bu sayede her aya ait ortalama mevsimsel indeksler hesaplanır. Hesaplanan bu ortalamaların toplamı alınır. Aylardan her birine 100 değeri verildiği düşünülerek 1 yıllık süre için 1200 katsayısı elde edilir. Bu katsayının ortalamalarının toplamına oranlanması ile düzeltme katsayısı elde edilir. Her aya ait ortalama mevsimsel indeksin düzeltme katsayısıyla çarpımı ile düzeltilmiş mevsimsel indeksler hesaplanır. Satış miktarlarının her aya ait düzeltilmiş mevsimsel indekse oranının 100 ile çarpımı sonucu mevsimsel etkisi giderilmiş satış miktarları elde edilir. Hareketli ortalamaya oran yönteminin ilgili formülleri kullanılarak mevsimsel etki içermeyen ön tahminler hesaplanır. Aylar bazında ön tahminin düzeltilmiş mevsimsel indeks ile çarpımının 100' e oranlanması ile gerçek tahminler elde edilir. Böylece mevsimsel etki içermeyen ön tahminlere mevsimsellik eklenmiş olmaktadır. İlgili yöntemin parametreleri ile arka planda hesaplamaları yapan formüller Şekil 4.21 ve Şekil 4.22' te gösterilmiştir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	60	2	2	3	4	5	6		4				
2	t	SatışMikt	2'şerliToplam	3'erliToplam	4'erliToplam	5'erliToplam	6'şarlıToplam		Ortalama	MevsIndeks	MevEtkGiderilmt		ÖnTahmin
3	1	183.456							0,00		167472	1	100218
4	2	183.456	741.664	0					185.416,00	0,99	186466	2	98729
5	3	191.296	752.640	0	0	0			188.160,00	1,02	186108	3	97240
6	4	186.592	732.256	0	0	0	0		183.064,00	1,02	182175	4	95750
7	5	167.776	693.066	0	0	0	0		173.266,50	0,97	176945	5	94261
8	6	170.922	680.532	0	0	0	0		170.133,00	1,00	163393	6	92772
9	7	170.912	603.690	0	0	0	0		150.922,50	1,13	150145	7	91282
10	8	90.944	553.504	0	0	0	0		138.376,00	0,66	142063	8	89793
11	9	200.704	718.144	0	0	0	0		179.536,00	1,12	167124	9	88304
12	10	225.792	827.904	0	0	0	0		206.976,00	1,09	231274	10	86814
13	11	175.616	689.920	0	0	0	0		172.480,00	1,02	164651	11	85325
14	12	112.896	614.656	0	0	0	0		153.664,00	0,73	132504	12	83836
15	13	213.248	729.120	0	0	0	0		182.280,00	1,17	194668	13	
16	14	189.728	776.160	0	0	0	0		194.040,00	0,98	192840	14	
17	15	183.456	769.888	0	0	0	0		192.472,00	0,95	178481	15	
18	16	213.248	768.320	0	0	0	0		192.080,00	1,11	208200	16	
19	17	158.368	704.032	0	0	0	0		176.008,00	0,90	167023	17	
20	18	174.048	702.464	0	0	0	0		175.616,00	0,99	166381	18	
21	19	196.000	653.856	0	0	0	0		163.464,00	1,20	172185	19	
22	20	87.808	558.208	0	0	0	0		139.552,00	0,63	137165	20	
23	21	186.592	642.880	0	0	0	0		160.720,00	1,16	155373	21	
24	22	181.888	702.464	0	0	0	0		175.616,00	1,04	186304	22	
25	23	152.096	598.976	0	0	0	0		149.744,00	1,02	142600	23	
26	24	112.896	536.256	0	0	0	0		134.064,00	0,84	132504	24	
27	25	158.368	569.184	0	0	0	0		142.296,00	1,11	144569	25	

Şekil 4.21. Hareketli ortalamaya oran yöntemi ile talep tahmininde, arka planda hesaplamaları yapan sayfanın arayüzü

P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
aylar	yıllar											DF
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		100,581
1		1,17	1,11	1,07	1,00						1,09	109,54
2	0,99	0,98	0,92	0,96	1,04						0,98	98,39
3	1,02	0,95	1,05	1,05	1,04						1,02	102,79
4	1,02	1,11	1,02	0,98	0,96						1,02	102,42
5	0,97	0,90	0,95	0,95	0,94						0,94	94,82
6	1,00	0,99	1,01	1,05	1,14						1,04	104,61
7	1,13	1,20	1,16	1,13	1,03						1,13	113,83
8	0,66	0,63	0,69	0,59	0,62						0,64	64,02
9	1,12	1,16	1,15	1,31	1,23						1,19	120,09
10	1,09	1,04	0,97	0,81	0,95						0,97	97,63
11	1,02	1,02	1,03	1,13	1,11						1,06	106,66
12	0,73	0,84	0,93	0,88							0,85	85,20
											11,93	

b	-1489,31
a	191066,03

Y(ÖnTahmin)=a+bt

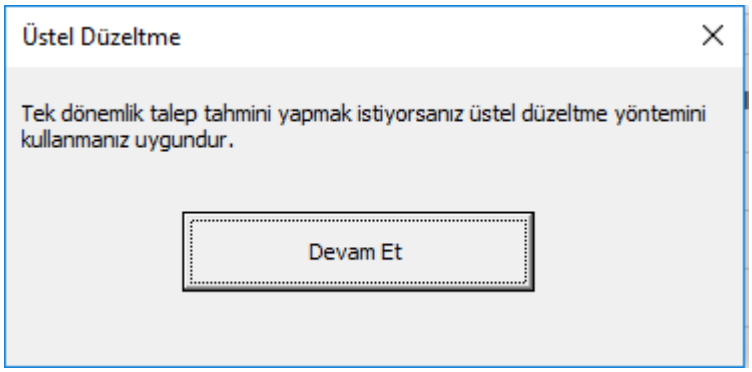
$a=Y_{ort} - bt_{ort}$

$$b=\frac{\sum Yt - nt_{ort}Y_{ort}}{\sum t^2 - nt^2_{ort}}$$

Y(ort)	145642
t(ort)	30,5
∑Y*t	239725001
∑t^2	73810
b	-1489,31
a	191066,03

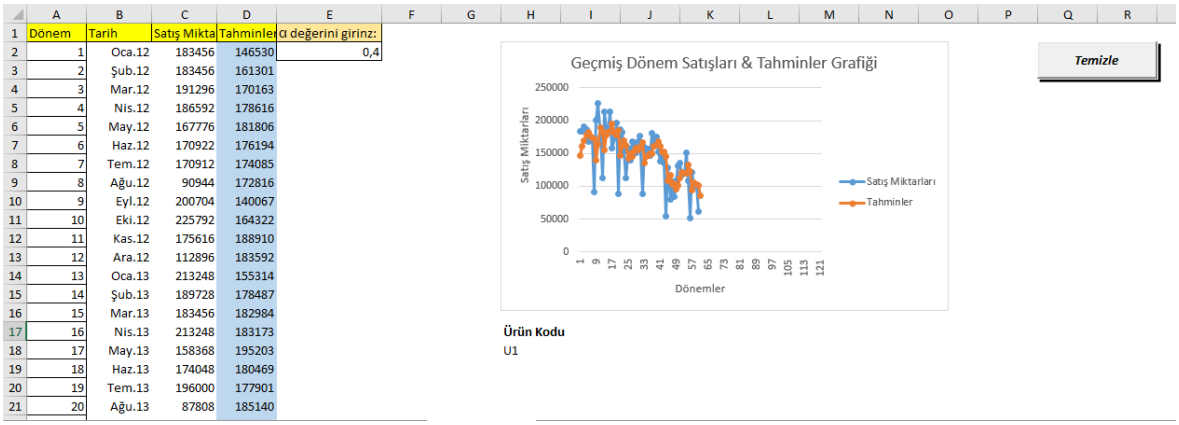
Şekil 4.22. Hareketli ortalamaya oran yöntemi ile talep tahmininde, arka planda hesaplamaları yapan sayfanın arayüzü (Devamı)

Talep tahmini yapmak için kullanılabilecek bir diğer yöntem üstel düzeltme yöntemidir. Talep tahmini yapılacak ürünün seçilmesinin ardından, yöntem seçenekleri sunulan arayüzden (Bkz. Şekil 4.15) "Üstel Düzeltme" seçildiğinde kullanıcıya Şekil 4.23' te görülen mini bilgi penceresi sunulmaktadır.



Şekil 4.23. Üstel düzeltme yöntemi bilgilendirme arayüzü

Şekil 4.23' te verilen pencerede talep tahmin yöntemi olarak üstel düzeltme tercih edildiği zaman kullanıcıya ilgili yöntem hakkında bilgi verilmektedir. "Devam Et" butonunun tıklanmasının ardından sistem kullanıcıyı Şekil 4.24' daki sayfaya yönlendirecektir.

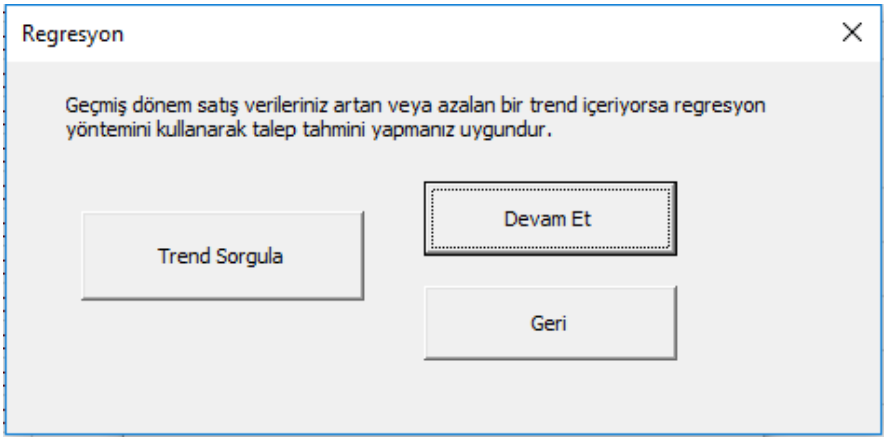


Dönem	Tarih	Satış Mikta	Tahminler	α değerini giriniz:
1	Oca.12	183456	146530	0,4
2	Şub.12	183456	161301	
3	Mar.12	191296	170163	
4	Nis.12	186592	178616	
5	May.12	167776	181806	
6	Haz.12	170922	176194	
7	Tem.12	170912	174085	
8	Ağu.12	90944	172816	
9	Eyl.12	200704	140067	
10	Eki.12	225792	164322	
11	Kas.12	175616	188910	
12	Ara.12	112896	183592	
13	Oca.13	213248	155314	
14	Şub.13	189728	178487	
15	Mar.13	183456	182984	
16	Nis.13	213248	183173	
17	May.13	158368	195203	
18	Haz.13	174048	180469	
19	Tem.13	196000	177901	
20	Ağu.13	87808	185140	

Şekil 4.24. üstel düzeltme yöntemi ile elde edilen tahmin sonuçları ve geçmiş dönem satışlarının gösterildiği arayüz (U1 için)

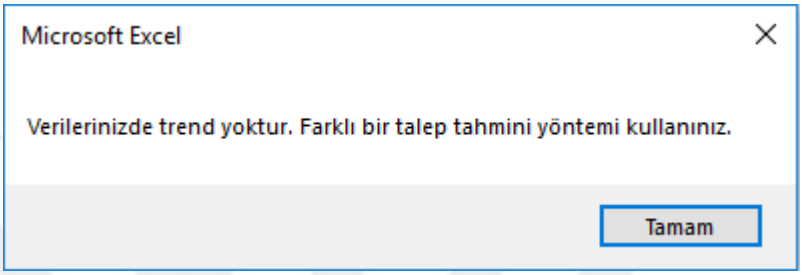
Şekil 4.24' da verilen sayfada seçilen ürünün kodu, dönem, tarih, satış miktarları, girilmesi gereken α düzeltme katsayısı ve üstel düzeltme yöntemi ile yapılan tahminin sonuçlarıyla birlikte geçmiş dönem satışları ve tahminler grafiği gösterilmektedir. Üstel düzeltme yönteminde, α değeri girilip, üstel düzeltme formülü kullanılarak ilk dönemden itibaren geçmiş verilerle birlikte bir sonraki dönemin tahmini yapılır. Yöntemde kullanılan α değeri *0* ve *1* aralığında olmalıdır ($0<\alpha<1$). Eğer kullanıcı bunun dışında bir değer girerse "α değeri *0* ile *1* arasında olmalıdır." uyarısı verilecektir.

Talep tahmini yapmak için tasarlanan sistemde kullanılabilecek üçüncü yöntem ise regresyon yöntemidir. Talep tahmini yapılacak ürünün seçilmesinin ardından, yöntem seçimi arayüzünden (Bkz. Şekil 4.15) "Regresyon" seçildiğinde kullanıcıya Şekil 4.25' de görülen mini bilgi penceresi sunulmaktadır.



Şekil 4.25. Regresyon yöntemi bilgilendirme arayüzü

Regresyon yöntemini doğru şekilde kullanabilmek için satış verilerinde artan veya azalan şekilde bir trend olması gerekmektedir. Kullanıcının talep tahmini yapılacak ürüne ait verilerin trend içerip içermediğini kontrol edebilmesi adına Şekil 4.25' de görülen "Trend Sorgula" butonu konulmuştur. Eğer veriler trend içermiyorsa Şekil 4.26' daki mini bilgi penceresi çıkacak ve kullanıcıyı başka bir tahmin yöntemi kullanması adına yönlendirecektir.



Şekil 4.26 Verilerin sahip olduğu trend ile ilgili bilgilendirme mesaj kutusu

Regresyon yöntemi seçildiğinde satış miktarı verilerine göre regresyon formülleriyle tahmin yapılmaktadır. U1 kodlu ürünün verileri kullanılarak regresyon formülleri ile yapılan hesaplamaların sonuçları Şekil 4.27' de verilmiştir.

	A	B	C	D	E	F
1	60					
2	t	Satış Mikt.		∑XY	240674320	
3	1	183.456		∑X	1830	
4	2	183.456		∑Y	8791818	
5	3	191.296		$(\sum X)^2$	3348900	
6	4	186.592		X^2	1386877900132	
7	5	167.776		b	0,00	
8	6	170.922		a	146530	
9	7	170.912				
10	8	90.944		Y=a+bx		
11	9	200.704				
12	10	225.792				

Şekil 4.27. Regresyon formülleri ile hesaplamaların sonuçlarını gösteren arayüz (U1 için)

Şekil 4.27’ de görüldüğü üzere hesaplamada “*b*” değerinin *0* çıkması ürünün trend içermediği anlamına gelmektedir. Yani bu ürün için regresyon yöntemi ile tahmin yaptırmak doğru değildir.

4.5. Talep Tahmin Sisteminden Alınan Sonuçların Analizi

Talep tahmin sisteminden alınan sonuçları analiz edebilmek amacı ile seçilen 10 kritik ürüne ait 2012, 2013, 2014, 2015 ve 2016 yılı geçmiş satış miktarları kullanılarak, hareketli ortalamaya oran yöntemi ile her ürünün aylık olarak tek tek 2, 3, 4, 5, ve 6’ şarlı dönem toplamlarıyla 2017 yılı talep tahminleri yapılmıştır. Yapılan 2017 yılı talep tahminleri, 2017 yılı gerçekleşen satış miktarları ile karşılaştırılmıştır. Şekil 4.28’ da 2017 yılı ay bazındaki geçmiş dönem satış miktarları verilmiştir. İlgili ürünlerin tek tek hareketli ortalamaya oran yöntemi ile tahmini ve tahmin ile gerçekleşenler arasındaki oranlarını gösteren arayüz Şekil 4.29’ da verilmiştir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Gerçekleşen Satışla											
2												
3	Yıllar	Aylar	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
4	**2017**	**1**	90944	33264	20160	18144	12096	148800	164500	169750	281250	7840
5		**2**	101920	34272	14112	17136	16128	167600	194250	196000	279000	10080
6		**3**	106624	37602	18144	16128	20970	186000	253750	255500	319500	9408
7		**4**	89376	27972	14112	19152	18144	144800	175000	176750	276750	7840
8		**5**	101920	29232	15120	19152	18036	153600	203000	190750	335250	9408
9		**6**	90944	38376	12096	15120	18180	172000	204750	197750	292500	9408
10		**7**	109760	28854	14112	23184	15228	175200	220500	281750	321750	12544
11		**8**	20384	5040	6048	2016	5202	54000	22750	28000	128250	3136
12		**9**	81536	29598	22176	20160	15804	188800	175000	182000	342000	9408
13		**10**	83104	29466	13104	20160	14940	167600	182000	190750	312750	7840
14		**11**	84672	31248	15120	16128	17766	174400	204750	199500	292500	7840
15		**12**	50176	30240	7056	13104	8982	70800	126000	106750	128250	1568

Şekil 4.28 Seçilen 10 kritik ürünün 2017 yılı ay bazındaki geçmiş dönem satış miktarları

Şekil 4.28’ de satır bazında aylar sütun bazında ise ürünler olmak üzere 2017 yılı aylık satış adetleri görülmektedir.

Tahminler

U2	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
1	36370	34891	37081	36781	37229	1,09	1,05	1,11	1,11	1,12
2	38637	40469	44525	45402	47164	1,13	1,18	1,30	1,32	1,38
3	37381	41095	40973	43298	45136	0,99	1,09	1,09	1,15	1,20
4	38191	40826	38088	39626	39522	1,37	1,46	1,36	1,42	1,41
5	35556	35511	34758	37856	35543	1,22	1,21	1,19	1,30	1,22
6	37347	42662	40744	45635	44102	0,97	1,11	1,06	1,19	1,15
7	49739	56452	54655	54455	53725	1,72	1,96	1,89	1,89	1,86
8	17954	16669	15581	15238	15103	3,56	3,31	3,09	3,02	3,00
9	49262	47119	49733	49352	47791	1,66	1,59	1,68	1,67	1,61
10	36974	39385	44567	45372	47593	1,25	1,34	1,51	1,54	1,62
11	47448	49597	52184	48079	50911	1,52	1,59	1,67	1,54	1,63
12	33123	30828	31028	29644	30312	1,10	1,02	1,03	0,98	1,00

Tahminler

U3	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
1	24431	24067	26308	25270	25219	1,21	1,19	1,30	1,25	1,25
2	18905	19137	20913	20772	21610	1,34	1,36	1,48	1,47	1,53
3	20976	21986	22560	22884	23538	1,16	1,21	1,24	1,26	1,30
4	18620	19459	19362	20150	20021	1,32	1,38	1,37	1,43	1,42
5	18062	18978	18142	20176	19555	1,19	1,26	1,20	1,33	1,29
6	18075	20747	19143	21167	20177	1,49	1,72	1,58	1,75	1,67
7	18572	19568	18035	18200	17567	1,32	1,39	1,28	1,29	1,24
8	10037	9119	8547	8598	8335	1,66	1,51	1,41	1,42	1,38
9	19126	18643	19896	20271	19868	0,86	0,84	0,90	0,91	0,90
10	13352	14136	15746	15778	17307	1,02	1,08	1,20	1,20	1,32
11	16331	16765	17270	16371	17217	1,08	1,11	1,14	1,08	1,14
12	10215	9710	9549	9163	9222	1,45	1,38	1,35	1,30	1,31

Şekil 4.29 10 ürünün tek tek hareketli ortalamaya oran yöntemi ile tahmini ve tahmin ile gerçekleşenler arasındaki oranları gösteren arayüz

Yapılan tahminlerin gerçekleşen satış miktarlarını karşılayıp karşılamadığını analiz etmek için 2012, 2013, 2014, 2015 ve 2016 yılı geçmiş satış miktarları kullanılarak, hareketli ortalamaya oran yöntemi ile her ürünün aylık olarak tek tek 2, 3, 4, 5, ve 6' şarlı dönem toplamlarıyla tahminleri yapılmıştır. Daha sonrasında bu tahminler 2017 yılında gerçekleşen dönem satışlarına bölünmüş ve aralarında yüzde kaç fark olduğu saptanmıştır. Şekil 4.29' da görüleceği üzere; 1,21 gerçekleşen satış miktarından %21 oranında fazla, 0,85 gerçekleşen satış miktarından %15 oranında eksik tahmin yapıldığı anlamına gelmektedir.

Dönem toplamlarıyla bulunan tahminlerin, gerçekleşen satış miktarlarına oranları hesaplanmıştı. Sonrasında her ürünün aylık olarak 2, 3, 4, 5 ve 6' şarlı dönem toplamlarında hesaplanan oranların ortalamaları bulunmuş ve yeni tablo oluşturulmuştur. Tablo dışında en sağdaki sütunda her aya ait, ürünlerin oranlarının satır ortalamaları; tablo dışında en alttaki satırda, her ürünün 12 ay bazındaki oranlarının sütun ortalamaları

hesaplanmıştır. Şekil 4.30’ da ürünlerin talep tahminindeki farklara ilişkin oranların dönem toplamları ve ortalamalarını aylık olarak gösteren arayüz verilmiştir.

Ortalamalar											
Aylar	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	
1	1,24	1,10	1,24	1,04	1,45	1,25	2,13	1,99	1,37	1,76	1,46
2	1,01	1,26	1,44	1,21	0,97	0,96	1,55	1,65	1,22	1,53	1,28
3	0,99	1,11	1,23	1,21	0,91	0,99	1,32	1,29	1,10	1,76	1,19
4	1,13	1,40	1,38	0,99	1,04	1,28	1,78	1,81	1,15	1,48	1,34
5	0,90	1,23	1,26	0,92	0,86	1,05	1,51	1,70	0,99	1,54	1,20
6	1,17	1,10	1,64	1,22	1,26	1,18	1,65	1,69	1,13	1,31	1,33
7	0,965	1,86	1,30	0,90	1,36	1,24	1,90	1,43	1,23	1,79	1,40
8	2,54	3,20	1,48	5,48	1,60	1,98	6,84	5,99	1,17	0,84	3,11
9	1,33	1,64	0,88	0,88	1,34	1,16	2,07	2,03	1,05	1,57	1,40
10	1,13	1,45	1,16	0,96	1,59	1,30	2,03	2,03	1,16	2,07	1,49
11	1,06	1,59	1,11	0,92	1,16	1,23	1,79	1,86	1,06	1,84	1,36
12	1,36	1,02	1,36	1,24	1,63	1,94	1,71	1,96	1,71	5,27	1,92
	1,23	1,50	1,29	1,41	1,27	1,30	2,19	2,12	1,20	1,90	

Şekil 4.30 Ürünlerin talep tahminindeki farklılıkların incelenmesi

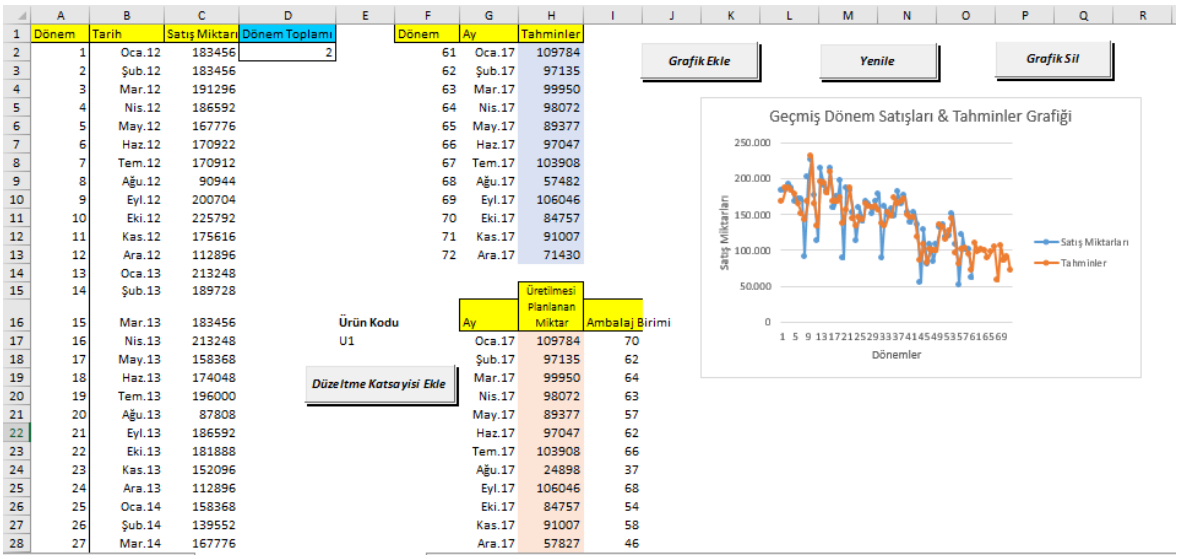
Şekil 4.30’ da verildiği üzere 8 ve 12. ayda her üründe; bütün ürünlerde de ortalama olarak her ay fazla miktarda üretim söz konusudur. 8. ayda tahmin adetlerinin yüksek olması, ilgili müşterinin 8. ayda bakım ve sayım gibi üretimin durması gereken faaliyetleri planlaması nedeniyledir. 12. ayda tahmin adetlerinin yüksek olması ise yıl sonu tatilleri sebebiyledir. Tahminlerin gerçekleşene yakın olabilmesi için ürün ve dönem temelinde düzeltme katsayılarının belirlenmesine ihtiyaç duyulmuştur. (Şekil 4.31)

Talep tahminlerine eklenecek olan düzeltme katsayıları										
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
Oca	1	1	0,88	1	0,76	1	0,52	0,55	1	0,62
Şub	1	1	0,77	1	1	1	0,71	0,66	1	0,72
Mar	1	1	0,89	1	1	1	0,83	0,85	1	0,63
Nis	1	1	0,80	1	1	1	0,62	0,61	1	0,74
May	1	1	0,88	1	1	1	0,73	0,65	1	0,71
Haz	1	1	0,67	1	1	1	0,66	0,65	1	0,84
Tem	1	0,59	0,84	1	1	1	0,58	0,77	1	0,61
Ağu	0,43	0,34	0,75	0,20	0,69	0,55	0,16	0,18	0,94	1,31
Eyl	1	0,67	1,25	1	1	1	0,53	0,54	1	0,70
Eki	1	0,76	0,94	1	0,69	1	0,54	0,54	1	0,53
Kas	1	0,69	0,99	1	1	1	0,61	0,59	1	0,60
Ara	0,81	1,07	0,81	0,88	0,67	0,57	0,64	0,56	0,64	0,21

Şekil 4.31 Düzeltme katsayıları

Fabrika çok fazla stok tutmak istenmediği için her ürün ve her ay bazında, tahminin gerçekleşen satış miktarına oranının ortalamaları, 1,1 değerinde alınması uygun görülmüştür. İlgili 1,1 değeri Şekil 4.30' de gösterilen oranlar dikkate alınarak Şekil 4.31' deki düzeltme katsayıları hesaplanmıştır. Diğer ürünler ve aylar yıllık toplamda birbirlerini dengeledikleri için düzeltme katsayısı değeri 1 olarak tanımlanmıştır.

Düzeltme katsayıları ile normalleştirilmiş tahminlerin bulunduğu sayfanın genel görünümü Şekil 4.32' de verilmiştir



Şekil 4.32. Düzeltilmiş tahminlerin bulunduğu sayfanın genel görünümü (U1 için)

Şekil 4.32' de verilen sonuç penceresinde talep tahmini sonuçları ve düzeltilmiş talep tahmini sonuçları verilmiştir. Talep tahmini sisteminden alınan sonuçların belirlenen düzeltme katsayıları kullanılarak normalleştirilmesi için Şekil 4.33' te görülen "Düzeltme Katsayısı Ekle" butonu tıklanmalıdır.

Ürün Kodu: U1

Düzeltme Katsayisi Ekle

Ay	Üretilmesi Planlanan Miktar	Ambalaj Birimi
Oca.17	109784	70
Şub.17	97135	62
Mar.17	99950	64
Nis.17	98072	63
May.17	89377	57
Haz.17	97047	62
Tem.17	103908	66
Ağu.17	24898	37
Eyl.17	106046	68
Eki.17	84757	54
Kas.17	91007	58
Ara.17	57827	46

Şekil 4.33 Düzeltme katsayısı ekle butonu, hesaplanmış düzeltilmiş tahminler ve gerekli palet sayıları (U1 için)

Şekil 4.33' te tahmin edilen dönemler ve bu dönemlere ait sonuçlar görülmektedir. Ayrıca, çalışılan 10 ürüne ait ambalaj içi miktarları bazı ürünlerin palet olarak bazı ürünlerin kutu olarak sevk edildiği dikkate alınarak sisteme girilmiştir. Normalleştirilmiş tahmin sonuçları ilgili ürünün ambalaj içi miktarına bölünerek üretilmesi planlanan ürünün dönem temelinde ambalaj birimi cinsinden miktarını vermektedir.

5. STOK DIŞI KALMA CEZASI İÇEREN BİR ÜRETİM SİSTEMİ İÇİN PARTİ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME

5.1. Konsinye Stok Nedir?

Mülkiyet devri yapılmaksızın malın kesin satışının yapılmadan ithalatçı tarafa gönderilmesine konsinye denir. Konsinye stok ise, alıcının mülkiyetinde bulunan, ancak yasal olarak satıcıya ait olan stok tipidir. Tedarikçinin, kesin satışı daha sonra yapılmak üzere müşterinin kontrolüne bazı ürünler koyduğu ve mal bedelinin kesin satış yapıldıktan sonra ödendiği ve tamamen güvene dayalı bir satış ve ödeme yöntemine konsinye satış denir. Ürün alıcı tarafından satıldığında, tedarikçiden yeniden satın alma işlemi yapılır. Bu nedenle alıcının stokları depolamak ve muhafaza etmekle ilgili stokta bulundurma maliyetleri oluşsa da sermayesini stok üzerinde tutmak zorunda değildir. Konsinye stok, Vendor Managed Inventory (VMI) modeli ile karıştırılmamalıdır. VMI modelinde tedarikçi müşterinin stok tedarik sürecini yönetmektedir. Konsinye ise stokların mülkiyeti ile ilgilidir. Konsinye stok olmayan bir VMI ya da VMI olmayan bir konsinye stok olabilir. Hem VMI hem de konsinye stok olan stok modeli de olabilir. Doğru biçimde kurulan durumda, konsinye stok modelinin hem müşteri hem de tedarikçi için önemli faydaları olabilir.

Tedarikçiler için oluşabilecek artı yönlerden ilki stokta bulundurma maliyetlerinde sağlanan düşüşlerdir. Malların bir kısmı müşteriye sevk edildiğinden, stok tutmak için depo kiralama, işletme gibi maliyetler düşmektedir. Bir diğer artı yön ise, tedarikçinin mallarını bir depoya ve daha sonra bir müşteriye sevk etmek yerine, doğrudan müşteriye teslim etmesinin sağlanabilmesidir. Bu şekilde tedarik zincirinde süreç hızlanır, işçilik maliyetleri azalır ve müşteri depolarına daha hızlı mal alır.

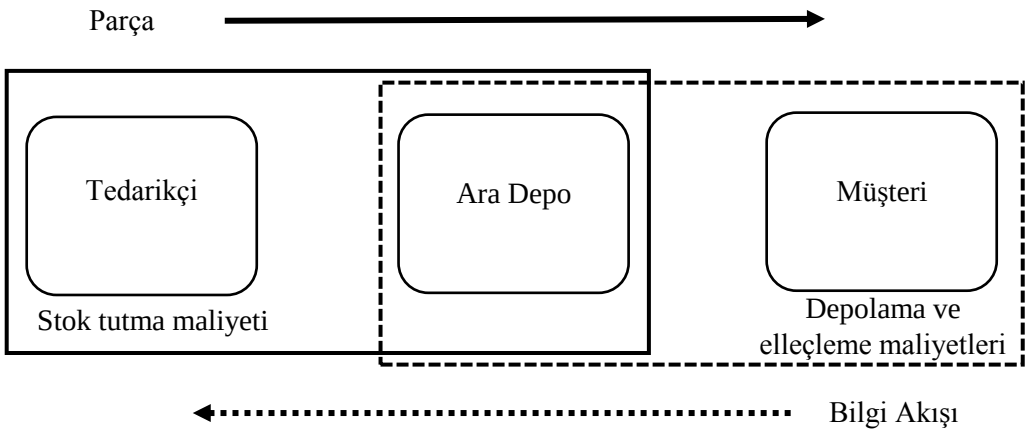
Tedarikçiler için oluşabilecek eksi yönlerden biri müşterinin deposuna sevk edilmiş stok satıcı tarafından sahiplendiğinden, maliyet değerlendirmenin bir parçası olarak stok saymak zorunda olmalarıdır. Tedarikçi, stokun kullanılmadığı veya satılmadan tutulduğu süreden dolayı daha az kar edebilir. Diğeri ise, tedarikçiler, malların bir kısmı veya tamamı müşteri tarafından satılıncaya kadar ödeme almayacaktır.

Satılmayan ürünler genellikle tedarikçiye iade edilir. Bu durum, nakit akışını belirsiz hale getirir, çünkü malların ne zaman ve ne kadarının satılacağı bilinmemektedir.

Müşteriler açısından oluşabilecek artı yönler ise, konsinye stoklarında bulunan malların mülkiyeti tedarikçiye ait olduğundan stokta tutma maliyetlerinin düşmesidir. Ayrıca, ürünlerin bedelleri kesin satış yapıldıktan sonra ödendiğinden nakit akışı artmaktadır. Bu durum, müşterinin daha düşük maliyetle daha fazla konsinye stoğu tutabileceği ve stokları hakkında endişelenmesi veya satılmayan malları satın alması gerekmediği anlamına gelir.

Müşteriler açısından oluşabilecek eksi yönlerden ilki konsinye stokların elde bulundurma süresi uzadıkça malların hasar görme olasılığının artmasıdır. Ayrıca, müşteriler açısından stok sayım esnasında çift sayım ve gönderim gecikmeleri gibi maliyetli stok hatalarıyla karşılaşılabilir. Bu sebeple konsinye stok diğer tüm stok modelleri gibi ele alınmamalıdır.

Çalışmanın yapıldığı Tanatar Kalıp Pres İşleri San. ve Tic Ltd. Şti, Polonya' da bulunan müşterisi Valeo Elektrik firması ile konsinye stok üzerinden çalışmaktadır. Konsinye stok ile ilgili kutu gösterimi Şekil 5.1' de verilmiştir.



Şekil 5.1 Konsinye stokta oluşan maliyetlerin paylaşımı, parça akışı ve bilgi akışı

Parça akışı Şekil 5.1' de görüldüğü üzere tedarikçiden Polonya' da bulunan ara depoya ve ara depodan müşteriye olacak şekildedir. Bilgi akışı ise müşterinin WebEDI

sistemi üzerinden tedarikçiye bildirilecek şekilde gerçekleşmektedir. Parçaların konsinye stokta tutulmak üzere ara depoya gönderimi haftada iki kez kara yolu ile sağlanmaktadır. Ara depoya ulaşan parçalar depoda bulundukları süre içerisinde yasal olarak tedarikçiye aittir. Parçaların depoya ulaştığı ve indirildiği bilgisi müşteri tarafında tedarikçiye bildirilmektedir. Parçalar depoya indirildikten sonra, müşteri tarafından üretim hattı ihtiyaçlarına göre depodan alınmaktadır. Ara depodan alınan parçalar artık müşteriye satılmış durumdadır. Depodan alınan parçaların hangi sevkiyata ait oldukları, miktarları ve depodan alındıkları tarih bilgileri yine müşteri tarafından tedarikçiye bildirilmektedir. Bu sayede tedarikçi ara depoda bulunan ve sahibi olduğu parçalara ait bilgilerin tamamına sahip olmakta ve konsinye stoğunu yönetebilmektedir. İlgili modelde tedarikçi depolama ve elleçleme maliyetlerine katlanmamakta, müşteri ise sermayesini stokta bulunan parçalara bağlamamış olmaktadır.

5.2. Parti Büyüklüğü Belirlemenin Önemi

Küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin kapasitesinin yeterince esnek olmaması ve bu tür işletmelerin genellikle yardımcı sanayi konumunda olması, ayrıca taleplerinin bağımlı olmasından kaynaklanan talep tahmini yapılırken yaşanan aksaklıklar sebebiyle, mevcut kaynakların etkin kullanılamaması veya kaynakların geç veya zor tedarik edilebilmesi gibi sorunlar oluşabilmektedir. Özellikle yardımcı sanayi konumunda bulunan işletmeler, ana sanayi siparişlerini zamanında karşılayamadıklarında çok büyük yaptırım ve cezalara katlanma durumunda kalmaktadır. İlgili işletmeler üretim faaliyetlerinde kullandıkları malzemeler için devamlı stok bulundurmak istediklerinden dolayı maliyetleri artmaktadır. İlave olarak, yardımcı sanayi konumunda bulunan işletmelerin üretim faaliyetleri için gerekli olan malzemelerin istenilen yer, zaman, kalite ve süreklilikte sağlanması büyük önem taşımaktadır. Üretim faaliyetlerinin yerine getirilmesinde işletmelerinin katlanacakları maliyetlerin en aza indirilebilmesi etkin bir malzeme yönetimi sistemi ile mümkündür.

Yardımcı sanayi konumunda bulunan işletmelerde, belirli bir stok seviyesinin altında çalışmanın maliyet açısından büyük riskler taşıdığı açıktır. Malzeme yetersizliğinin veya yokluğunun maliyeti, özellikle otomotiv sektöründe çok yüksek

boyutlara ulaşabilmektedir. Bu sebeple otomotiv sektörü tedarikçileri taleplerin belirsiz olmasına rağmen daima belirli miktarda emniyet stoğu bulundurmak zorundadır.

Çalışmanın yapıldığı Tanatar Kalıp Pres İşleri San. ve Tic Ltd. Şti, beyaz eşya sektöründe doğrudan ana sanayi tedarikçisi, otomotiv sektöründe ise ana sanayinin tedarikçisinin alt tedarikçisi konumundadır. Çalışma kapsamında incelenen 10 ürün işletme tarafından Polonya' da bulunan Valeo Elektrik firmasına gönderilen otomotiv sektörü parçalarıdır. Dolayısı ile işletmenin malzeme yokluğu sebebi ile müşterisine yaşatacağı herhangi bir aksamanın, ana sanayi konumunda bulunan üreticiye yansıma ihtimali çok yüksektir. Bu tür durumlarda oluşabilecek maliyetler, kısa sürede teslimat için yapılacak hava yolu sevkiyatı aşırı navlunları, müşteri üretim hattı duruş cezaları, müşteriden ana sanayiye yapılacak hızlı sevkiyat navlunları ve ana sanayi üretim hattı duruş cezalarıdır. İlgili maliyetler, ana sanayi tedarikçisi için ve özellikle ilgili işletme için telafisi mümkün olmayacak boyutlara ulaşabilir. Diğer taraftan aksamalardan kaynaklanacak cezaları önlemek için yapılacak stoklar da konsinye stok miktarını artıracağından stokta bulundurma maliyetlerini artıracaktır. Bu sebeplerle işletmenin maliyetlerini eniyileyebilmesi ancak etkin bir malzeme yönetimi sistemi ile mümkündür.

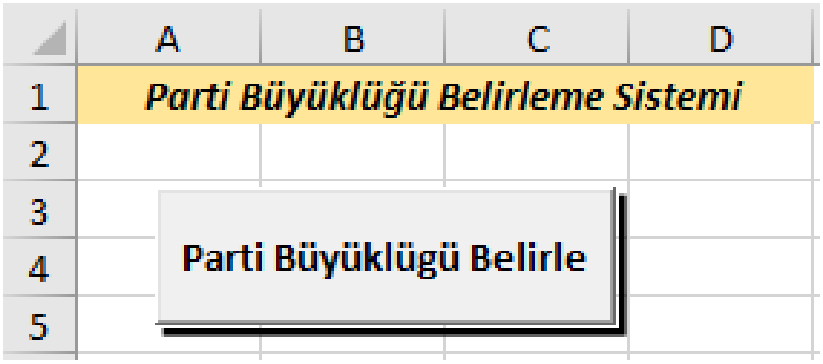
5.3. Önerilen Parti Büyüklüğü Belirleme Sistemi

Tasarlanan parti büyüklüğü belirleme sistemi, yöntemler için gerekli verilerin kullanıcı tarafından girilmesinin ardından, çalışılacak yöntemin seçilerek sonuçların kullanıcı ile paylaşılması şekilde kurgulanmıştır. Kullanıcının üç adet parti büyüklüğü belirleme yöntemi arasından tercih yapması ve sonuçları elde etmesi sağlanmıştır. Çalışmada Microsoft Excel programında oluşturulmuş karar destek sisteminin parti büyüklüğü belirme kısmında talep tahmin kısmındaki satış tahminleri ve gerekli parametreler doğrultusunda ürünler temelinde üretim parti büyüklüğü belirlenmesi amaçlanmaktadır.

İlerleyen bölümlerde parti büyüklüğü belirleme kısmının nasıl çalıştığı ve yetenekleri ekran görüntüleri ile anlatılacaktır. Tasarlanan sistem, yöntemlerde kullanılacak talep, hazırlık maliyeti, birim üretim maliyeti, birim stokta bulundurma maliyeti ve birim stokta bulundurmama maliyeti verilerinin kullanıcı tarafından kolaylıkla

girebileceği bir veri tabanı alt sistemine sahiptir. Kullanıcı isteğine bağlı olarak parti büyüklüğü belirleme yönteminin seçilmesinin ardından, veri tabanına girilen veriler ürünler bazında çağırılır. Son olarak kullanıcıya sonuç penceresi sunulmaktadır.

Parti büyüklüğü belirleme sistemi çalıştırıldığında kullanıcıyı Şekil 5.2' de görülen giriş ekranı ile karşılar.



Şekil 5.2 Tasarlanan parti büyüklüğü belirleme sisteminin başlangıç arayüzü

Giriş ekranında, kullanıcı "Parti Büyüklüğü Belirle" butonuna tıklamadan önce veri tabanına yöntemler için gerekli parametre verilerini girmek zorundadır. Parametrelerin girilebilmesi için sistemin sekmeleri arasından "Veriler" tıklanarak Şekil 5.3' te görülen verilerin girileceği tablolara ulaşılır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	U1	D	c	h	A	π		U2	D	c
2	1	90944	0,55	0,02	142,93	3,86		1	33264	
3	2	101920	0,56	0,02	144,76	3,91		2	34272	
4	3	106624	0,56	0,02	144,76	3,96		3	37602	
5	4	89376	0,57	0,02	146,62	4,01		4	27972	
6	5	101920	0,58	0,02	146,62	4,06		5	29232	
7	6	90944	0,59	0,02	148,49	4,11		6	38376	
8	7	109760	0,59	0,02	148,49	4,16		7	28854	
9	8	20384	0,60	0,02	150,39	4,22		8	5040	
10	9	81536	0,61	0,02	150,39	4,27		9	29598	
11	10	83104	0,62	0,02	152,32	4,32		10	29466	
12	11	84672	0,62	0,02	152,32	4,38		11	31248	
13	12	50176	0,63	0,02	154,27	4,44		12	30240	

Şekil 5.3 Parti büyüklüğü belirleme sistemi veri tabloları

Şekil 5.3' te verilen arayüzde her bir tablo bir ürüne ait olmak üzere 10 adet tablo bulunmaktadır. Tablolarda görülen "D" başlıklı sütuna ürüne ait talep verilerinin, "c" başlıklı sütuna ürüne ait birim üretim maliyeti verilerinin, "h" başlıklı sütuna birim stokta bulundurma maliyeti verilerinin, "A" başlıklı sütuna ait hazırlık maliyeti verilerinin ve "π" başlıklı sütuna birim stokta bulundurmama maliyeti verilerinin girilmesi gerekmektedir. Tablolarda görülen her bir satır ise aylık olarak zamanı temsil etmektedir.

Çalışmanın yapıldığı Tanatar Kalıp Pres İşleri San ve Tic Ltd. Şti' nde verilerin hesaplanma formülleri varsayımları ile beraber ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır. Talep verileri, birim üretim maliyeti verileri, birim stokta bulundurma maliyeti verileri ve hazırlık maliyeti verileri her üç yöntem içinde ortak kullanılan veriler olup yalnızca birim stokta bulundurmama maliyeti verileri "Minimum Maliyet" algoritmasında kullanılacaktır. Talep verileri talep tahmin sisteminden alınacak sonuçlardan oluşmaktadır. Maliyet verileri ise anlatılacak formüllerle ilk dönemler için hesaplandıktan sonra diğer dönemler için Euro artış oranı üzerinden hesaplanmıştır.

Euro (€) artış oranı (i) hesaplanırken, Denklem 5.1' de gösterildiği şekilde incelenen dönemlerden en yakın döneme ait kur ile en uzak kur arasındaki fark incelenen dönem sayısına bölünerek ortalama artış miktarı bulunmuştur. Ortalama artış miktarı en yakın döneme ait kura eklenerek, en yakın döneme ait kura oranlanmıştır. Çıkan sonuç Euro artış kurunu vermektedir. Çalışmada, geçmiş 36 aylık dönemin verilerinden hareketle Euro (€) artış oranı bulunmuştur. Matematiksel gösterimi:

n : İncelenen dönem sayısı (n=1, 2, …, n)
i : Euro (€) artış oranı
v_n : n. dönemdeki Türk Lirası üzerinden Euro kuru

$$i = \frac{v_n + \frac{v_n - v_1}{n}}{v_n} \tag{5.1}$$

şeklindedir.

Çalışmada *hazırlık maliyeti (A)* hesaplanırken, kabul edilen varsayımlar maddeler halinde verilmiştir:

1. Geçmiş son yıla ilişkin verilerden hareketle ürün bazında ortalama hazırlık süreleri bulunmuştur (İlgili ürün için ortalama hazırlık süresi = Toplam hazırlık süresi / Hazırlık sayısı).

2. İncelenen tüm ürünlerin ilk operasyonlarının hazırlık devresinde üç işçiden oluşan ekip (üretim hattı ekip lideri, pres operatörü ve forklift sürücüsü) görev yapmaktadır. Rota üzerindeki diğer operasyonların hazırlık devresinde bir işçi (pres operatörü) görev yapmaktadır.

3. Makina-saat ücreti makinaların tonajına ve özelliklerine göre belirlenmektedir. Tonajı ve özellikleri özdeş olan makinaların makine-saat ücretleri eşittir.

4. İşlere göre farklılık gösteren işçilik-saati ücreti tüm işçiler için ortalama işçilik saat ücreti olarak alınmıştır. İşçilik ücretinin bir planlama dönemi (bir yıl) boyunca değişmediği sabit olduğu varsayılmıştır.

5. ABC-XYZ analizi sonucunda seçilen on ürün çalışma kapsamına alınmıştır.

Hazırlık maliyetinin nasıl hesaplandığına ilişkin matematiksel gösterim Denklem 5.2' de verilmiştir:

j : ürün indisi (j = 1, 2, …, 10)
t : planlama dönemi içindeki devreler (t = 1, 2, …,12)
r : rota üzerindeki operasyon indisi (r=1, …, R)
A_{jt} : j. ürünün t. devrede hazırlık maliyeti (€/parti)
s_{jr} : j. ürünün r. operasyonunun ortalama hazırlık süresi (saat)
m_{jr} : j. ürünün r. operasyonunun üretildiği makinanın makine-saat ücreti (€/saat)
u : işçi-saat ücreti (€/saat)
f : forklift-saat ücreti (€/saat)
i: Euro (€) artış oranı olmak üzere,

tezde ilgili ürün ve döneme ilişkin üretime hazırlık maliyeti;

$$A_{jt} = \begin{cases} [s_{j1}(m_{j1} + 3u + f)] + \sum_{r=2}^{R} s_{jr}(m_{jr} + u) & \forall j \; ve \; t = 1 \; için \\ A_{j(t-1)} * i & \forall j \; ve \; t > 1 \; için \end{cases} \quad (5.2)$$

şeklinde hesaplanmıştır.

Birim üretim maliyeti (c); hammadde maliyeti, işçilik maliyeti ve makine işletme maliyetinin toplamından oluşmaktadır. Hammadde maliyeti, ürünü üretmek için gerekli brüt hammadde miktarına bağlı tutardır. İşçilik maliyeti ise, rota üzerindeki toplam operasyon süresinin işçilik-saat ücreti ile çarpılması ile bulunmaktadır. Makine işletme maliyeti ise, rota üzerindeki ilgili operasyonun süresi ile ilgili operasyonun gerçekleştirildiği makinenin saat ücreti ile çarpılması ile hesaplanmaktadır. Tüm işlem adımları Denklem 5.3' te gösterilmiştir. Ayrıca, geçmiş son yıla ilişkin verilerden hareketle ürün bazında ortalama üretim süreleri bulunmuştur.

j : ürün indisi (j = 1, 2, …, 10)
t : planlama dönemi içindeki devreler (t = 1, 2, …,12)
r : rota üzerindeki operasyon indisi (r=1, …, R)
c_{jt} : j. ürünün t. devre için birim üretim maliyeti (€/adet-devre)
k_{jr} : j. ürünün r. operasyondaki üretim süresi (saat)
m_{jr} : j. ürünün r. operasyonunun üretildiği makinanın makine-saat ücreti (€/saat)
u : işçi-saat ücreti (€/saat)
b_j : j. ürünü üretmek için gerekli birim hammadde miktarı (kg)
g_j : j. ürünün hammadde fiyatı (€/kg)
i: Euro (€) artış oranı olmak üzere;
her bir ürünün ilgili dönem için birim üretim maliyeti;

$$c_{jt} = \begin{cases} b_j g_j + u \sum_{r=1}^{R} k_{jr} + \sum_{r=1}^{R} k_{jr} m_{jr} & \forall j \; ve \; t = 1 \; için \\ c_{j(t-1)} * i & \forall j \; ve \; t > 1 \; için \end{cases} \quad (5.3)$$

şeklinde hesaplanmıştır.

Stokta bulundurma maliyeti (h); kira, elektrik, sigorta, elleçleme işçilik maliyetleri, fire maliyetleri ve alternatif maliyet toplamlarından oluşmaktadır. Fakat çalışmanın yapıldığı firmanın incelenen ürünleri konsinye stok kapsamında bir ara depoya sevk edildiğinden stokta bulundurma maliyeti alternatif yatırım maliyeti üzerinden hesaplanmıştır. Bu amaçla vadeli mevduat faizi dikkate alınmıştır. Ayrıca, fire maliyetleri çok düşük olduğundan göz ardı edilmiştir. Denklem 5.4' te stokta bulundurma maliyetinin hesaplanışı gösterilmiştir.

j : ürün indisi (j = 1, 2, …, 10)
t : planlama dönemi içindeki devreler (t = 1, 2, …,12)
h_{jt} : j. ürünün t. devre için birim stokta bulundurma maliyeti (€/adet-devre)
p_j : j. ürünün birim satış fiyatı (€/adet)
l : aylık faiz oranı olmak üzere;

$$h_{jt} = \begin{cases} p_j * l & \forall j \; ve \; t = 1 \; için \\ h_{j(t-1)} * i & \forall j \; ve \; t > 1 \; için \end{cases} \tag{5.4}$$

şeklinde hesaplanmıştır.

Stokta bulundurmama maliyeti (π), müşteri talep ettiğinde elde ilgili üründen olmaması durumunda katlanılan maliyettir. İlgili maliyet, verilen varsayımlar altında Denklem 5.5 ile hesaplanmıştır:

1. Geçmiş son yıla ilişkin verilerden hareketle ürün bazında ortalama aylık sipariş miktarları bulunmuştur.

2. Sipariş zamanında karşılanmadığında aşırı navlun maliyeti oluşmaktadır. Bu maliyet ilgili ürünün ambalajlama birimi başına katlanılan hava yolu taşıma maliyetinden oluşmaktadır.

3. Geç teslim edilen her sipariş başına 500€ sabit ceza ödenmektedir.

Stokta bulundurmama maliyeti;

j : ürün indisi (j = 1, 2, …, 10)

t : planlama dönemi içindeki devreler (t = 1, 2, …,12)

π_{jt} : j. ürünün t. devresinde birim stokta bulundurmama maliyeti (€/adet-devre)

α_j : j. ürünün bir ambalaj biriminin havayolu ile taşıma maliyeti (€/birim)

β_j : j. üründen bir ambalaj biriminde yer alan parça sayısı (adet/birim)

q : sipariş başına geç teslim cezası (€/sipariş)

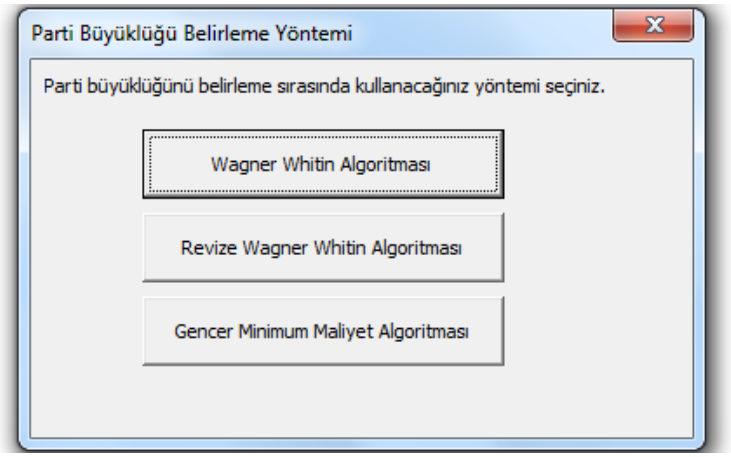
Ω_j : bir siparişteki ortalama parça sayısı (adet/sipariş)

olmak üzere;

$$\pi_{jt} = \begin{cases} \frac{\alpha_j}{\beta_j} + \frac{q}{\Omega_j} & \forall j \; ve \; t = 1 \; için \\ \pi_{j(t-1)} * i & \forall j \; ve \; t > 1 \; için \end{cases} \tag{5.5}$$

şeklinde hesaplanmıştır.

Verilerin girilmesinin ardından kullanıcı giriş ekranındaki (Bkz. Şekil 5.2) "Parti Büyüklüğü Belirle" butonuna tıkladığında sistemde tanımlı üç yöntemden birini seçebileceği Şekil 5.4' te gösterilen mini pencereye yönlendirilir.

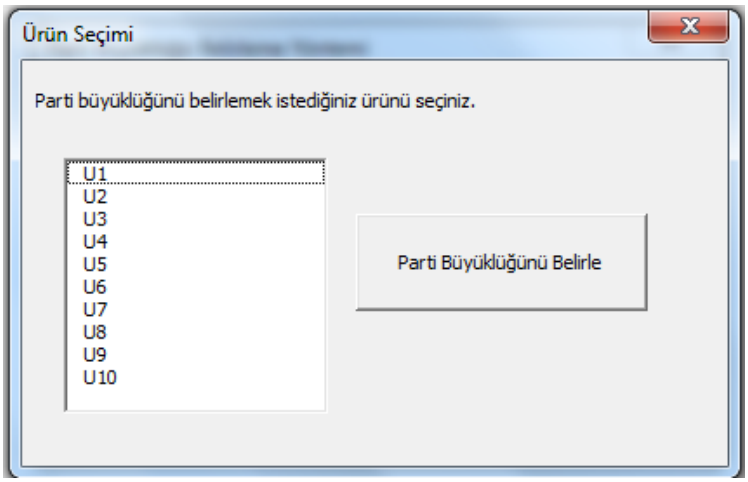


Şekil 5.4 Parti büyüklüğü belirleme yönteminin seçilmesi için kullanılan arayüz

İlgili yöntemlerden ilki parti büyüklüğü belirleme yöntemlerinden optimum sonuç verebilen bir yöntem olan Wagner Whitin Algoritmasıdır. İkinci yöntem ise, başlangıç

stok miktarını da göz önünde bulunduran Revize Wagner Whitin Algoritmasıdır. Üçüncü yöntem ise gecikme cezalı durumlar için parti büyüklüğü belirlemede kullanılabilir Gencer Minimum Maliyet algoritmasıdır.

"Wagner Whitin Algoritması" yöntemi seçildiğinde kullanıcının daha önce veri tabanına girmiş olduğu bilgi ve verilere bağlı olarak, veri tabanında bilgileri bulunan ürünlerden bir ürünü seçilebileceği "Ürün Seçimi" mini penceresi açılmaktadır. Şekil 5.5' te görüleceği üzere kullanıcı veri tabanına girmiş olduğu ürünlerden birinin üzerine tıklayarak Wagner Whitin Algoritmasında kullanılacak verileri çağırabilecektir.



Şekil 5.5 Wagner Whitin Algoritması için ürün seçimi penceresi

Şekil 5.5' te verilen daha önce veri tabanına girilmiş ürünlerin arasından seçim yapılmasını sağlayan pencere bulunmaktadır. Seçilen ürünün üzerine tıklanmasının ardından "Parti Büyüklüğü Belirle" butonuna tıklanacaktır. "Parti Büyüklüğü Belirle" butonu tıklandığında sistem seçilen ürüne ait verileri, veri tabanından alarak, Wagner Whitin Algoritması sonuçlarının gösterileceği sayfaya taşır (Şekil 5.6).

	A	B	C	D	E
1	t	D	c	h	A
2	1	90944	0,55	0,02	142,93
3	2	101920	0,56	0,02	144,76
4	3	106624	0,56	0,02	144,76
5	4	89376	0,57	0,02	146,62
6	5	101920	0,58	0,02	146,62
7	6	90944	0,59	0,02	148,49
8	7	109760	0,59	0,02	148,49
9	8	20384	0,60	0,02	150,39
10	9	81536	0,61	0,02	150,39
11	10	83104	0,62	0,02	152,32
12	11	84672	0,62	0,02	152,32
13	12	50176	0,63	0,02	154,27
14					
15	Sonuçlari Al		Ürün Kodu		
16			U1		

Şekil 5.6 Wagner Whitin Algoritmasında kullanılacak olan seçilen ürüne ait veriler (U1 için)

Şekil 5.6' da gösterildiği üzere kullanıcı sonuçların gösterileceği sayfaya yönlendirilir. İlgili sayfa Wagner Whitin Algoritmasında kullanılacak olan seçilen ürüne ait verileri (talep, birim üretim maliyeti, birim stokta bulundurma maliyeti ve hazırlık maliyeti) tablo halinde kullanıcıya sunmaktadır. Sayfada bulunan "Sonuçları Al" butonu tıklandığında Wagner Whitin algoritmasına ait sonuçlar hesaplama sayfasından alınarak sonuç sayfasına taşınmaktadır.

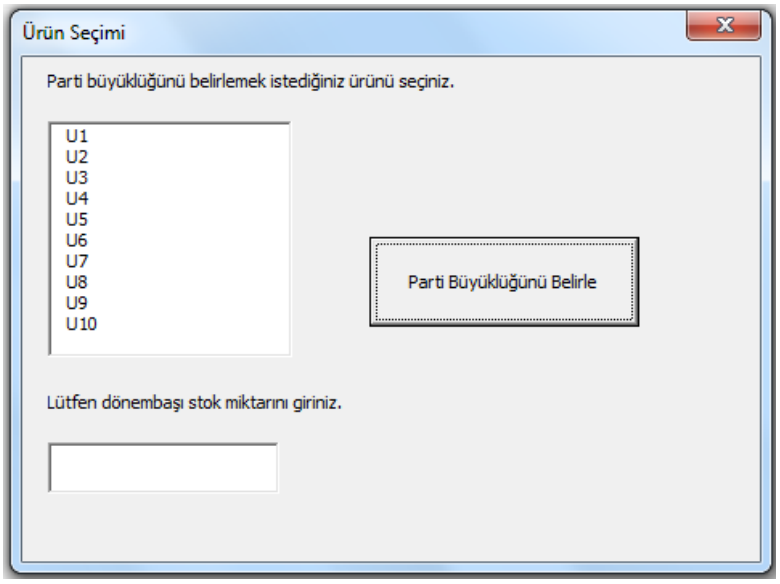
Şekil 5.7' de U1 için hesaplanan sonuçlar kullanıcı ile paylaşılmıştır. Tüm durumlar için hesaplanan maliyetler 12*12 matris halinde gösterilmiştir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	1	**50162,13**	108340,5	171452,7	226264,7	290974,5	350708,2	425236,3	439535,3	498587,6	560691,3	625943,8	665798,5
3	2		**107080,4**	168723	222303	285608	344088,2	417103,3	431121,4	489049,8	550008	614093,4	653256,5
4	3			**167379,3**	219711,6	281593,8	338804,3	410287,2	424020,7	480810,8	540608,9	603512,3	641975
5	4				**218594,6**	279035,7	334960,4	404891,4	418336,7	473974	532597,1	594303,3	632056,5
6	5					**277722,8**	332345,2	400704,5	413857,9	468327,6	525760,7	586254,4	623289,1
7	6						**331174,7**	397942,2	410800	464087,1	520314,9	579580,6	615887,6
8	7							**396478,4**	409036,8	461126,3	516133,4	574155,4	609725,4
9	8								**408883,9**	459760,4	513531,2	570293,6	605117,1
10	9									**458682,3**	511201	566687,5	600755
11	10										**510085,1**	564279,6	597581,4
12	11											**563123,3**	595649,6
13	12												**595018,4**
14		90944	101920	106624	89376	101920	90944	109760	20384	81536	83104	84672	50176
15	Amb.Birim	58	65	68	57	65	58	70	13	52	53	54	32

Şekil 5.7 Wagner Whitin Algoritması çözüm sonuçları (U1 için)

Matriste gösterilen kalın çerçeve ile işaretlenmiş hücreler ilgili dönem için hesaplanan en düşük maliyet tutarları Şekil 5.7' de verilmiştir. Bu noktada dönemlerde üretilecek miktarlar belirlenirken, matristeki son dönemden ilk döneme doğru hesaplama yapılması gerektiği unutulmamalıdır. Matrisin alt satırında ise ilgili dönem için üretilmesi gereken adetler bulunmaktadır. Ayrıca, ilgili ürün için ambalaj birimi cinsinden üretilmesi gereken miktarlarda hesaplanmıştır.

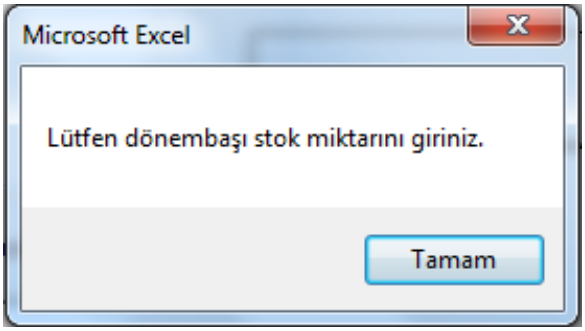
Yöntemlerden "Revize Wagner Whitin Algoritması" yöntemi seçildiğinde kullanıcının daha önce veri tabanına girmiş olduğu bilgi ve verilere bağlı olarak, veri tabanında bilgileri bulunan ürünlerden bir ürünü seçilebileceği "Ürün Seçimi" mini penceresi açılmaktadır. Şekil 5.8' de görüleceği üzere kullanıcı veri tabanına girmiş olduğu ürünlerden birinin üzerine tıklayarak Revize Wagner Whitin Algoritması kullanılacak verileri çağırabilecektir.



Şekil 5.8 Revize Wagner Whitin Algoritması için ürün seçimi penceresi

Şekil 5.8' te verildiği üzere ilgili algoritmada hesaplamaların yapılabilmesi ve konsinye stok için gerekli olan dönembaşı stok miktarının girilebileceği veri giriş çubuğu bulunmaktadır. Seçilen ürünün üzerine tıklanmasının ve dönembaşı stok miktarının girilmesinin ardından "Parti Büyüklüğü Belirle" butonuna tıklanacaktır. Dönembaşı stok miktarı girilmeden "Parti Büyüklüğü Belirle" butonu tıklandığında sistem tarafından

kullanıcıya Şekil 5.9' da görülen "Lütfen dönembaşı stok miktarını giriniz." uyarısı verilecektir.



Şekil 5.9 Revize Wagner Whitin Algoritması dönembaşı stok miktarı uyarı penceresi

Şekil 5.9' da görülen uyarı penceresi üzerinde bulunan "Tamam" butonu tıklanarak seçim ekranına dönüş yapılabilmektedir.

Gerekli seçimlerin yapılmasının ve dönembaşı stok miktarının girilmesinin ardından "Parti Büyüklüğü Belirle" butonu tıklandığında sistem seçilen ürüne ait verileri, veri tabanından alarak, Revize Wagner Whitin Algoritması sonuçlarının gösterileceği sayfaya taşır (Şekil 5.10).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	t	D	c	h	A					
2	1	59584	0,55	0,02	142,93					
3	2	101920	0,56	0,02	144,76					
4	3	106624	0,56	0,02	144,76					
5	4	89376	0,57	0,02	146,62					
6	5	101920	0,58	0,02	146,62					
7	6	90944	0,59	0,02	148,49					
8	7	109760	0,59	0,02	148,49					
9	8	20384	0,60	0,02	150,39					
10	9	81536	0,61	0,02	150,39					
11	10	83104	0,62	0,02	152,32					
12	11	84672	0,62	0,02	152,32					
13	12	50176	0,63	0,02	154,27					
14										
15					Ürün Kodu					
16					U1					
17							Dönembaşı stok miktarı		31360	
18										
19							Sonuçlari Al			
20										
21										

Şekil 5.10 Revize Wagner Whitin Algoritmasında kullanılacak olan seçilen ürüne ait veriler (U1 için)

Şekil 5.10’ da gösterildiği üzere kullanıcı sonuçların gösterileceği sayfaya yönlendirilir. İlgili sayfa Revize Wagner Whitin Algoritmasında kullanılacak olan seçilen ürüne ait verileri (talep, birim üretim maliyeti, birim stokta bulundurma maliyeti ve hazırlık maliyeti) tablo halinde kullanıcıya sunmaktadır. Ayrıca, girilen dönembaşı stok miktarı bilgisi de gösterilmektedir. Sayfada bulunan “Sonuçları Al” butonu tıklandığında Revize Wagner Whitin algoritmasına ait sonuçlar hesaplama sayfasından alınarak sonuç sayfasına taşınmaktadır.

Şekil 5.11’ da U1 için hesaplanan sonuçlar kullanıcı ile paylaşılmıştır. Tüm durumlar için hesaplanan maliyetler 12*12 matris halinde gösterilmiştir.

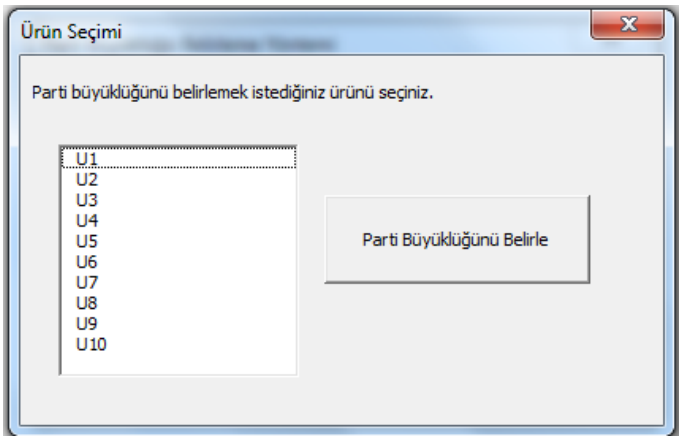
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
2	**1**	**50162,13**	108340,5	171452,7	226264,7	290974,5	350708,2	425236,3	439535,3	498587,6	560691,3	625943,8	665798,5
3	**2**		**107080,4**	168723	222303	285608	344088,2	417103,3	431121,4	489049,8	550008	614093,4	653256,5
4	**3**			**167379,3**	219711,6	281593,8	338804,3	410287,2	424020,7	480810,8	540608,9	603512,3	641975
5	**4**				**218594,6**	279035,7	334960,4	404891,4	418336,7	473974	532597,1	594303,3	632056,5
6	**5**					**277722,8**	332345,2	400704,5	413857,9	468327,6	525760,7	586254,4	623289,1
7	**6**						**331174,7**	397942,2	410800	464087,1	520314,9	579580,6	615887,6
8	**7**							**396478,4**	409036,8	461126,3	516133,4	574155,4	609725,4
9	**8**								**408883,9**	459760,4	513531,2	570293,6	605117,1
10	**9**									**458682,3**	511201	566687,5	600755
11	**10**										**510085,1**	564279,6	597581,4
12	**11**											**563123,3**	595649,6
13	**12**												**595018,4**
14		**90944**	**101920**	**106624**	**89376**	**101920**	**90944**	**109760**	**20384**	**81536**	**83104**	**84672**	**50176**
15	**Amb.Birim**	**58**	**65**	**68**	**57**	**65**	**58**	**70**	**13**	**52**	**53**	**54**	**32**

Şekil 5.11 Revize Wagner Whitin Algoritması çözüm sonuçları (U1 için)

Matriste gösterilen kalın çerçeve ile işaretlenmiş hücreler ilgili dönem için hesaplanan en düşük maliyet tutarları Şekil 5.11’ de verilmiştir. Bu noktada dönemlerde üretilecek miktarlar belirlenirken, matristeki son dönemden ilk döneme doğru hesaplama yapılması gerektiği unutulmamalıdır. Matrisin alt satırında ise ilgili dönem için üretilmesi gereken adetler bulunmaktadır. Ayrıca, ilgili ürün için ambalaj birimi cinsinden üretilmesi gereken miktarlarda hesaplanmıştır.

Yöntem seçimi arayüzünde (Şekil 5.4) “Gencer Minimum Maliyet Algoritması” yöntemi seçildiğinde kullanıcının daha önce veri tabanına girmiş olduğu bilgi ve verilere bağlı olarak, veri tabanında bilgileri bulunan ürünlerden bir ürünü seçilebileceği “Ürün

Seçimi" mini penceresi açılmaktadır. Şekil 5.12' de görüleceği üzere kullanıcı veri tabanına girmiş olduğu ürünlerden birinin üzerine tıklayarak Gencer Minimum Maliyet Algoritmasında kullanılacak verileri çağırabilecektir.



Şekil 5.12 Gencer Minimum Maliyet Algoritması için ürün seçimi penceresi

Şekil 5.12' de verilen daha önce veri tabanına girilmiş ürünlerin arasından seçim yapılmasını sağlayan pencere bulunmaktadır. Seçilen ürünün üzerine tıklanmasının ardından "Parti Büyüklüğü Belirle" butonu tıklandığında sistem seçilen ürüne ait verileri, veri tabanından alarak, Gencer Minimum Maliyet Algoritması sonuçlarının gösterileceği sayfaya taşır (Şekil 5.13).

	A	B	C	D	E	F
1	t	D	A	c	h	π
2	1	90944	142,93	0,55	0,02	3,86
3	2	101920	144,76	0,56	0,02	3,91
4	3	106624	144,76	0,56	0,02	3,96
5	4	89376	146,62	0,57	0,02	4,01
6	5	101920	146,62	0,58	0,02	4,06
7	6	90944	148,49	0,59	0,02	4,11
8	7	109760	148,49	0,59	0,02	4,16
9	8	20384	150,39	0,60	0,02	4,22
10	9	81536	150,39	0,61	0,02	4,27
11	10	83104	152,32	0,62	0,02	4,32
12	11	84672	152,32	0,62	0,02	4,38
13	12	50176	154,27	0,63	0,02	4,44
14						
15	Sonuçları Al			Ürün Kodu		
16				U1		

Şekil 5.13 Gencer Minimum Maliyet Algoritmasında kullanılacak olan seçilen ürüne ait veriler (U1 için)

Şekil 5.13’ de gösterildiği üzere kullanıcı sonuçların gösterileceği sayfaya yönlendirilir. İlgili sayfa Gencer Minimum Maliyet Algoritmasında kullanılacak olan seçilen ürüne ait verileri (talep, hazırlık maliyeti, birim üretim maliyeti, birim stokta bulundurma maliyeti ve birim stokta bulundurmama maliyeti) tablo halinde kullanıcıya sunmaktadır. Sayfada bulunan “Sonuçları Al” butonu tıklandığında Gencer Minimum Maliyet algoritmasına ait sonuçlar hesaplama sayfasından alınarak sonuç sayfasına taşınmaktadır.

Şekil 5.14’ de U1 için hesaplanan sonuçlar kullanıcı ile paylaşılmıştır. Stokta bulundurma durumlarını içeren maliyetler 12*12 boyutlarında f+(t,i) matrisinde gösterilmiştir. Stokta bulundurmama durumlarını içeren maliyetler 12*12 boyutlarında f-(t,i) matrisinde gösterilmiştir. Son olarak her iki durum içinde oluşan maliyetler satır olarak f+-(t,i) olarak verilmiştir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	f+(t,i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	1	50162,1	107080	167379	218595	277723	331175	396478	408884	458682	510085	563123	595018
3	2		108340	168723	219712	279036	332345	397942	409037	459760	511201	564280	595650
4	3			171453	222303	281594	334960	400704	410800	461126	513531	566688	597581
5	4				226265	285608	338804	404891	413858	464087	516133	570294	600755
6	5					290975	344088	410287	418337	468328	520315	574155	605117
7	6						350708	417103	424021	473974	525761	579581	609725
8	7							425236	431121	480811	532597	586254	615888
9	8								439535	489050	540609	594303	623289
10	9									498588	550008	603512	632057
11	10										560691	614093	641975
12	11											625944	653257
13	12												665799
14													
15	f-(t,i)												
16	1		458263	1273006	2510835	4130462	6178666	8638647	1,2E+07	1,5E+07	1,8E+07	2,2E+07	2,6E+07
17	2			566001	1443453	2698091	4376633	6462220	8978409	1,2E+07	1,5E+07	1,8E+07	2,2E+07
18	3				640961	1486558	2750824	4416833	6508073	8749392	1,1E+07	1,4E+07	1,8E+07
19	4					636273	1467142	2694208	4340885	6131952	8295631	1,1E+07	1,4E+07
20	5						745304	1604431	2878461	4292110	6073540	8238724	1,1E+07
21	6							770723	1619803	2603064	3948597	5672304	7767714
22	7								866373	1465594	2422173	3751946	5448381
23	8									544610	1031760	1886096	3101009
24	9										858653	1624694	2750181
25	10											922945	1690729
26	11												966326
27	12												
28													
29	f+-(t,i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30	1			519905	2,6E+07	1,6E+07	1,4E+07	1,7E+07	3809697	1,3E+07	1,3E+07	1,4E+07	8597011
31													
32		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
33		90944	101920	106624	89376	101920	90944	109760	20384	81536	83104	84672	50176
34	Amb.Birir	58	65	68	57	65	58	70	13	52	53	54	32

Şekil 5.14 Gencer Minimum Maliyet Algoritması çözüm sonuçları (U1 için)

Matriste gösterilen kalın çerçeve ile işaretlenmiş hücreler ilgili dönem için hesaplanan en düşük maliyet tutarları Şekil 5.14' te verilmiştir. Bu noktada dönemlerde üretilecek miktarlar belirlenirken, tüm tabloda son dönemden ilk döneme doğru hesaplama yapılması gerektiği unutulmamalıdır. Maliyet tablolarının altında ise ilgili dönem için üretilmesi gereken adetler bulunmaktadır. Ayrıca, ilgili ürün için ambalaj birimi cinsinden üretilmesi gereken miktarlar da hesaplanmıştır.

5.4. Parti Büyüklüğü Sisteminden Alınan Sonuçların Değerlendirilmesi

Tez kapsamında ABC-XYZ analizi ile seçilen 10 adet ürünün verileri parti büyüklüğü belirleme sistemine girilerek alınan sonuçlar Çizelge 5.1' de verilmiştir. Sonuçlara ilk bakıldığında dikkat çeken nokta üç yöntemin de aynı sonuçları verdiğidir. Burada, Revize Wagner Whitin Algoritması sonuçlarının diğer algoritmalar ile karşılaştırılabilmesi için dönem başı stok miktarı sıfır girilmiştir. Ancak dönembaşı stok bulunması durumunda sistemde yer alan yöntemler arasında bulunması yararlı olacaktır. Ayrıca, Gencer Minimum Maliyet Algoritması da stokta bulundurmama durumlarında karşılaşılan cezaların, stokta bulundurma maliyetine göre yüksek olması sebebiyle, stokta bulundurma durumlarını dikkate alarak sonuç vermiştir. İlgili sebeplerle, konsinye stok üzerinden çalışan ve stok dışı kalma durumlarında yüksek cezalar ödeyen firmalar için Revize Wagner Whitin Algortması yöntemi kullanılabilir.

Çizelge 5.1 Parti büyüklüğü belirleme sisteminden alınan sonuçlar

Parça	Yöntem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Maliyet
U1	WW	90.944	101.920	106.624	89.376	101.920	90.944	109.760	20.384	81.536	83.104	84.672	50.176	595.018,44
	RWW	90.944	101.920	106.624	89.376	101.920	90.944	109.760	20.384	81.536	83.104	84.672	50.176	595.018,44
	GMM	90.944	101.920	106.624	89.376	101.920	90.944	109.760	20.384	81.536	83.104	84.672	50.176	595.018,44
U2	WW	33.264	34.272	37.602	27.972	29.232	38.376	33.894	0	29.598	29.466	31.248	30.240	515.614,51
	RWW	33.264	34.272	37.602	27.972	29.232	38.376	33.894	0	29.598	29.466	31.248	30.240	515.614,51
	GMM	33.264	34.272	37.602	27.972	29.232	38.376	33.894	0	29.598	29.466	31.248	30.240	515.614,51
U3	WW	20.160	14.112	18.144	14.112	15.120	12.096	20.160	0	22.176	13.104	22.176	0	185.560,09
	RWW	20.160	14.112	18.144	14.112	15.120	12.096	20.160	0	22.176	13.104	22.176	0	185.560,09
	GMM	20.160	14.112	18.144	14.112	15.120	12.096	20.160	0	22.176	13.104	22.176	0	185.560,09
U4	WW	18.144	33.264	0	19.152	34.272	0	25.200	0	20.160	20.160	29.232	0	229.715,49
	RWW	18.144	33.264	0	19.152	34.272	0	25.200	0	20.160	20.160	29.232	0	229.715,49
	GMM	18.144	33.264	0	19.152	34.272	0	25.200	0	20.160	20.160	29.232	0	229.715,49
U5	WW	12.096	16.128	20.970	18.144	18.036	18.180	20.430	0	15.804	14.940	26.748	0	391.120,20
	RWW	12.096	16.128	20.970	18.144	18.036	18.180	20.430	0	15.804	14.940	26.748	0	391.120,20
	GMM	12.096	16.128	20.970	18.144	18.036	18.180	20.430	0	15.804	14.940	26.748	0	391.120,20
U6	WW	647.200	0	0	0	554.800	0	0	0	601.600	0	0	0	393.734,73
	RWW	647.200	0	0	0	554.800	0	0	0	601.600	0	0	0	393.734,73
	GMM	647.200	0	0	0	554.800	0	0	0	601.600	0	0	0	393.734,73
U7	WW	787.500	0	0	0	651.000	0	0	0	687.750	0	0	0	119.189,62
	RWW	787.500	0	0	0	651.000	0	0	0	687.750	0	0	0	119.189,62
	GMM	787.500	0	0	0	651.000	0	0	0	687.750	0	0	0	119.189,62
U8	WW	798.000	0	0	0	698.250	0	0	0	679.000	0	0	0	121.017,83
	RWW	798.000	0	0	0	698.250	0	0	0	679.000	0	0	0	121.017,83
	GMM	798.000	0	0	0	698.250	0	0	0	679.000	0	0	0	121.017,83
U9	WW	1.156.500	0	0	0	1.077.750	0	0	0	1.075.500	0	0	0	180.573,49
	RWW	1.156.500	0	0	0	1.077.750	0	0	0	1.075.500	0	0	0	180.573,49
	GMM	1.156.500	0	0	0	1.077.750	0	0	0	1.075.500	0	0	0	180.573,49
U10	WW	17.920	0	17.248	0	18.816	0	15.680	0	17.248	0	9.408	0	114.263,86
	RWW	17.920	0	17.248	0	18.816	0	15.680	0	17.248	0	9.408	0	114.263,86
	GMM	17.920	0	17.248	0	18.816	0	15.680	0	17.248	0	9.408	0	114.263,86

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tahmin, gelecekte neyin nasıl olacağının önceden tahmin edilmesi ve kesinliği olmayan bir süreçtir. Tahminleme, işletmeler için stratejik anlamda oldukça önemli tekniktir. İşletmelerin tüm yönetimsel kararları ileriye yönelik tahminlere bağlıdır. Dolayısıyla gelecekteki belirsiz durumların tahmini veya öngörüsü, verilecek kararların güvenilirliği açısından önemlidir. Tahmin modellemesi karar mekanizmasında çok önemli bir rol oynadığından, diğer birçok alanda olduğu gibi üretim yönetimi alanında da büyük bir önem taşımakta ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Tahmin adımından sonraki en önemli üretim yönetim faaliyeti parti büyüklüklerinin belirlenmesidir. Belirlenen parti büyüklükleri stok maliyetlerini doğrudan etkilemektedir.

Çalışmada, kaotikliğin tespiti için Lyapunov Üsteli metodu, talep tahmini için hareketli ortalamaya oran, üstel düzeltme ve regresyon yöntemleri ayrıca parti büyüklüğü belirleme için Wagner Whitin algoritması, Revize Wagner Whitin Algoritması ve Gencer Minimum Maliyet Algoritması yöntemleri seçilmiş ve bu amaç doğrultusunda yöntemler detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Uygulama kısmında ise, Lyapunov üstellerini hesaplamak için MATLAB programı kullanılarak seçilen 10 ürünün geçmiş dönem verilerinin kaotik olduğu tespit edilmiştir. Yine seçilen 10 ürüne uygun bulunan hareketli ortalamaya oran yöntemi ile gelecek 12 aylık dönem için talep tahminleri yapılmıştır. Ayrıca, seçilen üç parti büyüklüğü belirleme yöntemi ile parti büyüklüğü belirleme çalışmaları yapılmıştır. Talep tahmini sisteminden çıkan sonuçlar analiz edilmiş ve aylık tahmini taleplerin ilgili aylık dönemler için gerçekleşen satış adetlerinden ortalama %10 yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum 30 gün içeren aylık dönem için 3 günlük stok anlamına gelmektedir. Uygulamanın yapıldığı işletme, ani talep artışlarına ve beklenmeyen müşteri isteklerine zamanında cevap verebilmek adına 3 günlük stoğu emniyet stoğu olarak kabul etmektedir. Parti büyüklüğü belirleme sisteminden alınan sonuçlar ise üç yöntem için karşılaştırılmış ve sonuçların aynı olduğu tespit edilmiştir. Dolayısı ile konsinye stok üzerinden çalışan ve stok dışı kalma durumlarında yüksek cezalar ödeyen işletmeler için Revize Wagner Whitin Algoritması yöntemi kullanılabilir.

Geçmiş dönem verilerinin kaotikliği göz önüne alınırsa, tahmin yapılırken planlama uzayı da bu duruma ek olarak kısaltılabilir. Örnek verilecek olunursa 12 aylık tahmin yapılıp tamamen bu tahminler üzerinden devam etmek yerine, her 3 ayda bir talep tahmin sistemi yeniden çalıştırılıp gerçekleşen verilerle tahmin verileri kontrol edilmelidir. Bu veriler için farklı tahmin yolları ve çözüm yöntemleri araştırılıp uygunluğu kontrol edilebilir. Ayrıca, 10 ürün için yapılan talep tahmin yöntemleri ve parti büyüklüğü belirleme yöntemleri ilgili firmanın tüm parçaları için uygulanarak öncesi ve sonrası değerlerle tutarlılığı tespit edilebilir, modellerin uygulaması ve faydası yaygınlaştırılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Acar, N., 2001, Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 191 s.

Adıyaman, F., 2007, Talep Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İstanbul

Afentakis P., Gravish B., 1986, Optimal lot sizing algorithms for complex product structures, European Journal of Operational Research, 34/2, 237-247

Alpar, O., Eren, Ö., 2016, "IMKB100 endeks değişim değerlerinde Lyapunov üsteli metoduyla kaosun incelenmesi" İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, Cilt 30, ss. 151-174

Axsäter S., 2007, Inventory control, 90, Springer Science & Business Media

Aydın, Ç. M., 2017, Giyim Endüstrisinde Talep Tahmin Yöntemlerinin Uygulanması: Örnek Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya

Aydın, N. , 1999. Finansal Yönetimi, Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fak., Eskişehir, s.231

Biegel J.E., 1963, Production control: A quantitative approach, Prentice Hall, New Jersey

Crowston W.B., Wagner M.H., Henshow A., 1972, A comparision of exact and heuristic routines for lot size determination in multi stage assembly systems, American Institute of Industrial Engineers Transaction, 4/4, 313-317

Chowdhury N.T., Baki M.F., Azab A., 2018, Dynamic economic lot-sizng problem: a new O(T) algorithm fort he Wagner-Whitin Model, Computers & Industrial Engineering, 117, 6-18

Çağlar T., 2007, Talep Tahmininde Kullanılan Yöntemler ve Fens Teli Üretimi Yapan Bir İşletmede Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale

Denizel M., Erengüç S., Benson H., 1997, Dynamic lot-sizing with setup cost reduction, European Journal of Operational Research, 48, 2, 129-139

Ergün, S., Şahin, S., 2017, "İşletme talep tahmini üzerine literatür araştırması", ulakbilge, Cilt 5, Sayı 10, ss. 469-487

Erol S., Erol Y., 1993, A decision network approah to solve single stage dynamic lot size problems, Procedings 2nd International Conferance on Modelling and Simulation, 1, 569-577

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Ettkin L. P., Dilworth J. B., 1993, Production and operations management: manufacturing and services, McGraw-Hill

Florian M., Klein M., 1971, Deterministic production planning with concav costs and capacity constraints, Management Science, 18/1, 12-19

Gencer C., Erol S., Erol Y., 1999, A decision network algorithm for multi-stage dynamic lot sizing problems, International Journal of Production and Economy, 62, 1, 281-284

Graves S.C., 1981, Multi stage lot sizing: An iterative procedure multi level production and inventory control sytems, Thery and Practice, Capter 4, 95-110

Hariga M., Gümüş M., Ben-Daya M., Hassini E., 2013, Sceduling and lot sizing models for the single-vendor multi-buyer problem under consignment stock partnership, International Journal of the Operational Research, 64/7, 995-1009

Iyogun P, 1991, Heuristic methods for multi product dynamic lot size problem, International Journal of the Operational Research, 42/10, 889-894

Karahan, M., 2011, İstatistiksel Tahmin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları Metodu İle Ürün Talep Tahmini Uygulaması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya

Karaöz M., 2003. Öğrenme Ve Farklı Talep Fonksiyonlarını İçeren Ekonomik Üretim Miktarı Model Önerileri, Isparta

Kobu B., 2010, Üretim Yönetimi, İstanbul Üniversitesi Yayınları, s. 111-112

Köse, K., 2008, Korelasyon ve Regresyon Analizi, Ders Notları, Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ankara

Love S.F., 1972, Bounded production and inventory models with piecewise concave costs, Management Science, 20/3, 313-318

Madan M.S., Cheng C.H., Yip E., Motwani J., 2010, An improved heuristic for the capacitated lot-sizing problem, International Journal of Operational Research, 7(1), 90-108

Manap, G. , 2003. Paranın Zaman Değeri Ve Öğrenme Etkisi Altındaki Kesikli Zaman-Değişken Talepli Parti Büyüklüğü Modelleri, Yüksek Lisans Tezi, Isparta

Mize J.H., White C.R., Brooks G.H., 1984, Üretim Planlama ve Kontrol, (Çev. A. Toraman, S. Gözlü), İTÜ Yayınları, s. 26-30

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Özdil T., Turdaliyeva A., Ganiyev C., 2011, Girdi-çıktı analizi yaklaşımıyle Kırgızistan ekonomisinin incelenmesi, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 25, 353-371

Özmucur S., 1990, Geleceği Tahmin Yöntemleri, İSO Araştırma Dairesi Yayını, İstanbul, s. 11

Pamuk, N., 2013, "Dinamik sistemlerde kaotik zaman dizilerinin tespiti", BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi, Cilt 15, Sayı 1, ss. 77-91

Radzi H.M., Haron H., 2006, Lot sizing using neural network approach, Second IMT-GT Regional Conference an Mathematics, Statistics and Applications, Universiti Sains Malaysia, Malaysia, pp. 13-15

Rosling K., 1985, Optimal lot siing for dynamic assembly system, Linkopimg Instutie of Technology, 54

Salvietti L., Smith N.R., 2008, A profit-maximizing economic lot scheduling problem with price optimization purchase, European Journal of Operational Recearch, 184(3), 900-914

Schroeder, R. G., 1993, Operations management: Decision making in the operations functions, 4th Edition, McGraw-Hill, pp. 586

Stevenson G., 1993, Production/Operations Management, Richard D Irwin, p 126

Silver E., Meal H., 1973, A heuristic for selecting lot size quantties for deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishmnet, Production and Inventory Management Journal, 4/2, 64-74

Sipper D., Bulfin R.L., 1997, Production: Planning, Control and Integration, The McGraw-Hill Com, Inc., s. 226

Sox C.R., 1996, Dynamic lot sizing with random demand and non-stationary costs, Operations Research, 20, 155-164

Şahin A.E., 2001, Eğitim araştırmalarında Delphi tekniği ve kullanımı, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları, 20, 215-220

Şengür, İ., 2008, Talep Tahmini, Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir

Tanyaş, B., Baskak, M., 2003, Üretim Planlama ve Kontrol, İrfan Yayıncılık, 432 s.

Uzel, S., 2008, Zaman Serisi Analizi Yöntemi Üzerine Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Üreten, S., 2005, Üretim/İşlemler Yönetimi, Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri, Gazi Kitabevi, 521 s.

Wagner H.M., Whitin T., 1958, Dynamic version of economic lot size model, Management Science, 5, 1, 89-96

Wang K.J., Wee H.M., Gao S.F., Chung S.L, 2004, Production and inventory control with chaotic demands, Management Science, 33, 97-106

Yılmaz, D., Güler, N. F., 2006, Kaotik zaman serisinin analizi üzerine bir araştırma, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 21, Sayı 4, ss. 759-779

Yoldaş U. C., 2006, Elektrik enerjisinde yük tahmini yöntemleri ve Türkiye'nin 2005–2020 yılları arasındaki elektrik enerjisi talep gelişimi ve arz planlaması. Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Zangwill W.J., 1996, Deterministic multi product, multi preiod production scheduling model with backlogging, Management Science, 13/1, 105-119