



**BELİRSİZLİK ORTAMINDA EKONOMİK
SİPARİŞ MİKTARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

Yüksek Lisans Tezi

Ekrem TAÇYILDIZ

Eskişehir, Ocak 2021

**BELİRSİZLİK ORTAMINDA EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI ÜZERİNE BİR
ÇALIŞMA**

EKREM TAÇYILDIZ

Yüksek Lisans Tezi

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Öğr. Gör. Dr. Banu GÜNER

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ocak 2021

Bu tez çalışması BAP Komisyonu tarafından kabul edilen 1703F079 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

ÖZET

BELİRSİZLİK ORTAMINDA EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Ekrem TAÇYILDIZ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ocak 2021

Danışman: Öğr. Gör. Dr. Banu GÜNER

Üretim süreçlerinde karşılaşılan birçok belirsizlik karar almada ve süreç yönetiminde zorluklara sebep olmaktadır. Bu belirsizlikleri göz önünde bulunduran çözüm yaklaşımları akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında belirsizlik ortamı için geliştirilmiş bazı tahmin modelleri incelenmiş ve aralıklı gri sayılar ile ilişkilendirilmiş kusurlu ürün içeren EOQ modeli geliştirilmiştir. EOQ modelinde en küçük sipariş miktarının belirlenmesi en önemli noktadır. En küçük sipariş miktarına etki eden parametrelerden sipariş verme maliyeti ve stokta tutma maliyeti, aralıklı gri sayı olarak modele dâhil edilmiştir. En küçük sipariş miktarının belirlenmesinde kullanılan bir diğer parametre olan talep miktarı ise tahminleme sonucu elde edilmiştir. Talep değerinin tahminlemesi için, klasik yöntemlerden Hareketli Ortalamalar yöntemi, gri sistem teorisi kapsamında geliştirilmiş Rolling GM (1,1) modeli ve bulanık zaman serileri kapsamında geliştirilmiş Chen (1996), Chen (2002) tahmin yöntemleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Ortalama hata oranı yüzdesi en küçük tahmin modeli ile EOQ modeli için talep miktarı bir mobilya firması için belirlenmiştir. Toplam maliyet fonksiyonunu etkileyen parametreler aralıklı gri sayılar olarak ele alınmış, geleceğe yönelik maliyet tahmini yapılmıştır. Bu çalışmada, belirsizlik ortamında gelecek için alınacak kararlarda gri sistem teorisinin uygulanabilirliği gösterilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Stok, Talep tahmini, EOQ, Gri sistem teorisi

ABSTRACT

A STUDY ON THE ECONOMIC ORDER QUANTITY MODEL IN UNCERTAINTY

Ekrem TAÇYILDIZ

Department of Industrial Engineering

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, January 2021

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Banu GÜNER

Many uncertainties encountered in production processes cause difficulties in decision making and process management. Solution approaches that take into account these uncertainties are widely used in academic studies. In this thesis, some prediction models developed for the uncertainty environment have been examined, and the EOQ model containing grey numbers and defective products has been developed. Determining the optimum order quantity is the most important step in the EOQ model. Ordering cost and holding cost that affect the optimum order quantity are included in the model as an interval grey numbers. Demand quantity, which is another parameter used in determining the optimum order quantity, is obtained as a result of estimation. For the forecast of the demand value, the Moving Averages method which is one of the classical methods, the Rolling GM (1,1) model developed within the scope of the grey system theory, and the Chen (1996) and Chen (2002) forecast methods developed within the scope of fuzzy time series were examined and compared. The amount of demand for the EOQ model was determined for a furniture company using the forecast method that has an average percentage of the error rate of the least. The parameters affecting the total cost function are considered as interval grey numbers, and the future cost is estimated. In this study, the applicability of the grey system theory is tried to be shown in the decisions to be taken for the future in case of uncertainty.

Keywords: Stock, Demand forecast, EOQ, Grey system theory

TEŞEKKÜR

Lisans ve lisansüstü eğitimi boyunca okulumuz Eskişehir Teknik Üniversitesi öğretim elemanlarına, öğrenci arkadaşlarıma, bana katmış oldukları bilgi ve görüşleri için teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bana yardımcı olan, yol gösteren, emek harcayan değerli danışman hocam, Öğr. Üyesi Dr. Banu GÜNER'e sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Aynı şekilde bugüne kadar her anımda yanımda olan ve eğitimim alanında sonuna kadar destekçim olan ailem ve sevdiklerime teşekkürlerimi sunarım.

Ekrem TAÇYILDIZ

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Ekrem TAÇYILDIZ

İÇİNDEKİLER

SAYFA

BAŞLIK SAYFASI	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GRİ SİSTEM TEORİSİ.....	2
2.1. GST'nin Tarihsel Gelişim Süreci	3
2.2. Gri Sistem Teorisinin Temel Kavramları.....	3
2.3. Deterministik Olmayan Sistemlerin Karşılaştırılması	4
2.4. Disiplinlerarası Bilimler Yelpazesinde GST'nin Yeri	5
2.5. Gri Sayılar ve İşlemler	7
3. STOK YÖNETİMİ.....	11
3.1. Stok Maliyetleri.....	11
3.1.1. Elde bulundurma maliyeti	12
3.1.2. Elde bulundurmama maliyetleri	14
3.1.3. Sipariş maliyetleri	14
3.2. Stok Bulundurma Nedenleri	15
3.3. Stok Kontrol Modelleri	17
3.3.1. Deterministik statik stok kontrol modelleri	18
3.3.1.1. <i>Klasik ekonomik sipariş miktarı modeli</i>	18
3.3.1.2. <i>Klasik ekonomik üretim miktarı modeli</i>	21
3.3.2. Deterministik dinamik stok kontrol modelleri.....	23

3.3.3. Stokastik stok kontrol modelleri	24
4. KUSURLU ÜRÜN İÇEREN GRİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMİŞ EOQ MODELİ VE MALİYET FONKSİYONU	26
4.1. Literatür Araştırması	26
4.2. Salameh ve Jaber (2000) Modeli.....	27
4.3. Maddah ve Jaber (2008) Modeli.....	31
4.4. Gri ile ilişkilendirilmiş Kusurlu Ürün İçeren EOQ Modeli	32
5. GRİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMİŞ EOQ MODELİ İÇİN TALEP TAHMİNİ.....	34
5.1. Literatür Araştırması	35
5.2. Sürelerine Göre Tahmin Yöntemleri	37
5.3. Tahmin Yöntemlerinin Sınıflandırılması	38
5.3.1. Niteliksel (kalitatif)	39
5.3.2. Niceliksel (kantitatif)	39
5.3.2.1. Nedensel modeller.....	39
5.3.2.2. Zaman serileri analizi.....	40
5.4. GM (1,1) Modeli.....	42
5.5. Rolling GM (1,1) Modeli	48
5.6. Bulanık Zaman Serileri (Chen 1996, Chen 2002)	51
5.7. Tahmin Modellerinin Karşılaştırılması ve Uygun Yöntemin Seçilmesi.....	55
6. UYGULAMA VE SONUÇLARIN ANALİZİ	59
7. SONUÇ	67
KAYNAKÇA.....	69
EKLER	73
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Siyah-gri-beyaz sistemlerin karşılaştırması (Liu ve Lin, 2006, s.5).....	4
Tablo 2. 2. Gri sistem teorisinin diğer teorilerle karşılaştırılması (Liu and Lin, 2006, s.8).....	5
Tablo 5.1. Tahmin modellerinin doğruluk sınıflandırması (Deng, 1986; alıntılan Köse, 2010, s.37).....	46
Tablo 5.2. Trafik kazası verilerine uygulanan tahmin modelleri karşılaştırmalı sonuçları (https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2018-30640)	56
Tablo 5.3. Alabama Üniversitesi öğrenci sayısı verilerine uygulanan tahmin modelleri karşılaştırmalı sonuçları (Song ve Chissom, 1993)	57
Tablo 5.4. <i>Elbise takımı satış verilerine uygulanan tahmin modelleri karşılaştırmalı sonuçları</i>	58
Tablo 6.1. Yıllık koltuk takımı satış miktarı	59
Tablo 6.2. 2005-2018 yılları arasındaki koltuk takımı satış adetleri ve bulanık değerleri	61
Tablo 6.3. İkinci dereceden bulanıklaştırmış ilişki grupları	62
Tablo 6.4. İkinci dereceden, Chen (2002) yöntemine göre hesaplanmış tahmini takım sayıları.....	63
Tablo 6.5. Düzgün dağılım değerlerine bağlı beklenen değerler	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Bilimsel problemlerin sınıflandırması (Liu ve Lin, 2006, s.12).....	6
Şekil 2.2. Disiplinlerarası sınıflandırma (Liu ve Lin, 2010, s.14.).....	6
Şekil 3.1. Stok maliyetleri	12
Şekil 3. 2. Talep durumuna göre stok kontrol modelleri (Eroğlu, 2002a, s.6)	18
Şekil 3.3. Sipariş miktarının zamana bağlı değişimi (Stevenson, 2005, s. 493).....	19
Şekil 3.4. Maliyet eğrileri (Öztürk, 2009, s.597).....	20
Şekil 3.5. Klasik ekonomik üretim miktarı modeli (Eroğlu, 2002a, s.10).....	22
Şekil 4. 1. Zamanla stok seviyesi davranışı (Eroğlu, 2002b, s.88).....	29
Şekil 5.1. Geleceği tahmin çabaları ve maliyetler (Tanyaş ve Baskak,2015, s.71).....	34
Şekil 5.2. Planlama periyoduna göre tahmin (Nahmias, 1982, s.56)	38
Şekil 5.3. x_0 başlangıç veri dizisi grafiği (Liu ve Lin, 2006, s.58)	42
Şekil 5.4. Birikimli $x(1)$ dizisi grafiği (Liu ve Lin, 2006, s. 59)	43
Şekil 5.5. GM (1, 1) Modelinin genel yapısı (Zhao ve Guo, 2016)	47
Şekil 5.6. Yuvarlanma-GM (1,1) modelinin işlem adımları (Zhao ve Guo, 2016)	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

EOQ : Economic Order Quantity (Ekonomik Sipariş Miktarı)

GM(1,1) : 1.Dereceden 1 Bilinmeyenli Gri Model

GST : Gri Sistem Teorisi

L4L : Lot For Lot



1. GİRİŞ

Günümüzde rekabet ortamında işletmelerin yaşamlarını sürdürebilmeleri oldukça zordur. İşletmelerin pazarda tutunabilmeleri için birçok konuda önlem alması ve gerekli düzenlemeleri yapması gerekmektedir. Maliyet, işletmelerin öncelik verdiği ve işletmelerin varlığını devam ettirmeleri için finansal açıdan çok önemli bir etkidir. Bu nedenle işletmeler mümkün olduğunca maliyet kalemlerini enküçüklemeye çalışırlar.

Malzeme siparişleri ve stokta bulundurma ya da elde bulundurmama maliyetleri işletmeler için oldukça önemli bir konudur. Bu maliyetlerin azaltılması için işletmeler birçok farklı çalışmalar yapmaktadırlar. Maliyetlerin azaltılması ve kontrol altında tutulması için stok kontrol modelleri geliştirilmiştir. Tez çalışmasında, stok kontrol modellerinden EOQ modeli dikkate alınarak gri sistem teorisi yaklaşımıyla maliyet tahminlemesi yapılmaktadır.

Gerçek sistemlerin içerdiği belirsizlikler, sistemin doğru ve etkin işleyişini sağlayacak kaynak planlaması ve süreç planlaması gibi pek çok faaliyetin gerçekleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Belirsizlik ortamında bu gibi faaliyetlerin daha kolay, daha doğru ve daha güvenilir yapılmasını sağlamak için geliştirilmiş yöntemler mevcuttur. Gri Sistem Teorisi de son yıllarda farklı alanlarda uygulama bulmuş, belirsiz ortamları için geliştirilmiş yöntemlerden birisidir. Kusurlu ürünleri içeren EOQ modelinin kurulmasında kesin olmayan parametre değerleri bulunmaktadır. Tez çalışmasında, kusurlu ürünleri içeren EOQ Modeli aralıklı gri sayılar kullanılarak yeniden oluşturulmuş. EOQ modelinde bulunan talep miktarı (D) için tahminleme çalışması yapılmıştır. Tahmin çalışması kapsamında belirsizlik ortamında kullanılan bulanık zaman serilerinden Chen (1996), Chen (2002) , Gri Sistem teorisinden Rolling GM (1,1) ve klasik yöntemlerden hareketli ortalamalar yöntemleri karşılaştırmalı sunulmuştur. Seçilen tahmin modeliyle talep miktarı (D) bulunmuş ve stok maliyetini belirlemede kullanılmıştır.

2. GRİ SİSTEM TEORİSİ

Sistemler biliminin yeni teorilerinin hızlı oluşumu ve gelişmesi, modern bilim ve teknolojinin önemli bir parçası haline gelmiştir. 1940'lardan bu yana sistem teorisi, bilgi teorisi, bulanık matematikler, sibernetik, katastrof (öngörülemezlik) teorisi, kaos teorisi, dinamikler ve birçok sistem teorisi ortaya çıkmış durumdadır. Gri sistem teorisi (GST)'de ilk olarak 1980'lerde ortaya çıkan bu tür sistemlerden birisidir. (Liu ve Lin, 2010)

Sistem mühendisliği teknolojisi ve sistem bilimi araştırmaları; yönetim bilimi, karar bilimi ve çeşitli bilim dalları gibi birçok geleneksel disiplinlerde uygulandığında, tamamen yeni sonuçlar ve buluşlar elde edilmektedir. Böyle bir tarihsel oluşum, son 20 yılda gri sistem teorisini oluşturmak ve hızlıca geliştirmek için bir çevre ve alt yapı sağlamıştır.

Deng (1982) tarafından yazılan bir araştırma makalesi "System & Control Letters" isimli uluslararası dergide yayınlanınca, gri sistem kavramı ilk defa duyulmuş oldu. Sistemleri araştırırken, hem iç ve dış bozuklukların varlığı hem de algılarımızın sınırları nedeniyle mevcut bilgi çeşitli belirsizlik ve bulanıklık içermeye eğilimindedir.

Teknoloji ve bilim sürekli gelişme göstermektedir. Bu gelişmelerle, sistemler de daha gelişmiş ve daha karmaşık yapılar kazanmaktadır. Büyüyen sistemlerin kontrol edilmesi ve anlaşılması gittikçe zorlaşmaktadır. Sistemleri anlamak ve kontrol altında tutmak için çalışmalar yapılmaktadır. 1982 yılında Deng Ju-Long tarafından geliştirilen GST'de bu çalışmalardan bir tanesidir.

GST mevcut bilgidен yararlı bilgiyi üretme yoluyla, kısmen bilinen bilgiyi kullanarak belirsiz sistemlerle ilgilenir. Sistemlerin operasyonel davranışları ve kendi yasaları doğru bir şekilde tanımlanabilir ve etkin bir şekilde takip edilebilir. Doğal dünyada, zayıf bilgi içeren belirsiz sistemler mevcuttur. Bu gerçek, GST'nin uygulanabilirliğini geniş ölçüde artırmaktadır. (Liu ve Lin 2017, s.12)

2.1. GST'nin Tarihsel Gelişim Süreci

GST oldukça hızlı gelişmiş ve uygulama süreci oldukça kısa bir süre zarfında gerçekleşmiştir. GST'nin bu kadar çabuk sürede yayılmasında etkili olan bazı durumlar şu şekildedir (Liu ve Lin, 2017, s. 2-5):

- 1982'de Bilim ve Teknoloji Huazhong Üniversite Dergisi, Çin dilinde GST üzerine Profesör Deng tarafından yazılan, ilk makaleyi yayınladı.
- 1989 yılında, İngiltere de, *Gri Sistem Dergisi* yayınlandı.
- 1997 yılında, *Gri Sistem Dergisi* Çince olarak Tayvan'da yayınlandı. 2004 yılında ise uluslararası bir dergi haline geldi.
- *Gri Sistemler Teori ve Uygulama* adında yeni bir dergi, Nanjing Üniversitesi Uçak ve Uzay Bilimleri Enstitüsü öğretim üyeleri tarafından Gri Sistem çalışmaları için oluşturuldu ve 2011 yılında yayınlandı.
- Her yıl gri sistemler üzerine çok sayıda teorik ve uygulamalı çalışma mali açıdan çeşitli vakıflar tarafından desteklenmektedir.

Pek çok ülkede, bilim insanlarının çok sayıda araştırmasında, gri sistem teorisinin uygulamaları bulunmaktadır.

2.2. Gri Sistem Teorisinin Temel Kavramları

Bir çok ekolojik, sosyal, ekonomik, tarım, sanayi, biyolojik, vb. sistemler araştırma konularının sınıf özellikleri dikkate alınarak isimlendirilirken, gri sistemlerde ilgili sistemin rengine dayalı bir sınıflandırma yapılır. Kontrol teorisinde renklerin koyuluğu genellikle bilginin açıklık derecesini belirtmek için kullanılır.

Siyah bilinmeyen bilgiyi, *beyaz* tam olarak bilinen bilgiyi ve *gri* ise kısmen bilinen ya da kısmen bilinmeyen bilgiyi temsil etmektedir. Buna göre tamamen bilinen bilgiyle sistem beyaz sistemler olarak, tamamen bilinmeyen bilgiyle sistem siyah sistemler olarak ve kısmen bilinen ya da kısmen bilinmeyen bilgiyle sistem gri sistemler olarak adlandırılmaktadır.

Sosyal, ekonomik ve bilimsel araştırma faaliyetleri, sık sık eksik bilgi içeren durumlarla karşı karşıya kalmaktadır. İncelenen sistemlerdeki bilgi eksikliğinin dört durumu söz konusudur (Liu ve Lin, 2006, s. 3-4).

- Elementlerin (ya da parametrelerin) eksikliği
- Yapıdaki bilgi eksikliği
- Sınırsal bilgi eksikliği
- Hareketin davranışsal bilgi eksikliği

Tablo 2.1’de Siyah-gri-beyaz sistemlerin karşılaştırması sunulmaktadır.

Tablo 2.1. Siyah-gri-beyaz sistemlerin karşılaştırması (Liu ve Lin, 2006, s.5)

	Siyah Sistem	Beyaz Sistem	Gri Sistem
Bilgi Türü	Bilinmiyor	Biliniyor	Tamamlanmamış
Görünüş	Koyu	Parlak	Gri
Süreç	Yeni	Eski	Eski yerine yeni
Özellik	Kaos	Düzen	Karmaşıklık
Yöntem	Olumsuz	Olumlu	Geçiş
Tutum	Müşamaha içerir	Netlik	Tolerans
Çıkarım	Çözüm yok	Tek çözüm	Çoklu Çözüm

2.3. Deterministik Olmayan Sistemlerin Karşılaştırılması

Olasılık ve istatistik, bulanık matematik, gri sistem teorisi deterministik olmayan sistemlerin çalışmalarında en sık uygulanan üç kuram ve yöntem olmuştur. Farklı belirsizlikler içeren konularda çalışıyor olmalarına rağmen, bu teorilerin ortak noktası, belirsizlikler ve eksiklikler olduğu zaman anlamlı ve mantıklı çözümler getirme yeteneğidir.

Bulanık matematik, tanımsal belirsizlik içeren problem çalışmalarında oldukça etkilidir. "Genç adam" kavramı bulanık bir kavramdır. Herkes genç adamla neyin ifade edilmek istendiğini bilir. Fakat kişinin genç aralığında olduğunu ya da olmadığını söylemek oldukça zordur. “Genç adam” kavramı için böyle bir tanım yapmanın zorluğu kavramın açık olmamasındandır. Böyle belirsizlik türü problemlerle karşılaşıldığı zaman bulanık matematik teorisi ve metodu kullanılır.

İstatistik ve olasılık; meydana gelebilecek her çıktının ihtimallerini içeren, geçmiş verilere uygulanan istatistiksel yöntemler üzerine kurulu olan stokastik belirsizliklerle

çalışır. Bu teorilerle çalışmak ve güvenilir sonuçlar elde etmek için, aynı dağılıma sahip olduğu varsayılan büyük örneklerle ihtiyaç duyulur.

GST 'küçük örnekler ve zayıf bilgi' içeren problemlere yönelik geliştirilmiştir. GST tarafından incelenen bu problemler olasılık veya istatistik kullanılarak başarılı bir şekilde ele alınamaz (Liu ve Lin, 2006, s. 7-8). Bu üç teorisinin karşılaştırması Tablo 2. 2 'de sunulmaktadır.

Tablo 2. 2. *Gri sistem teorisinin diğer teorilerle karşılaştırılması (Liu and Lin, 2006, s.8)*

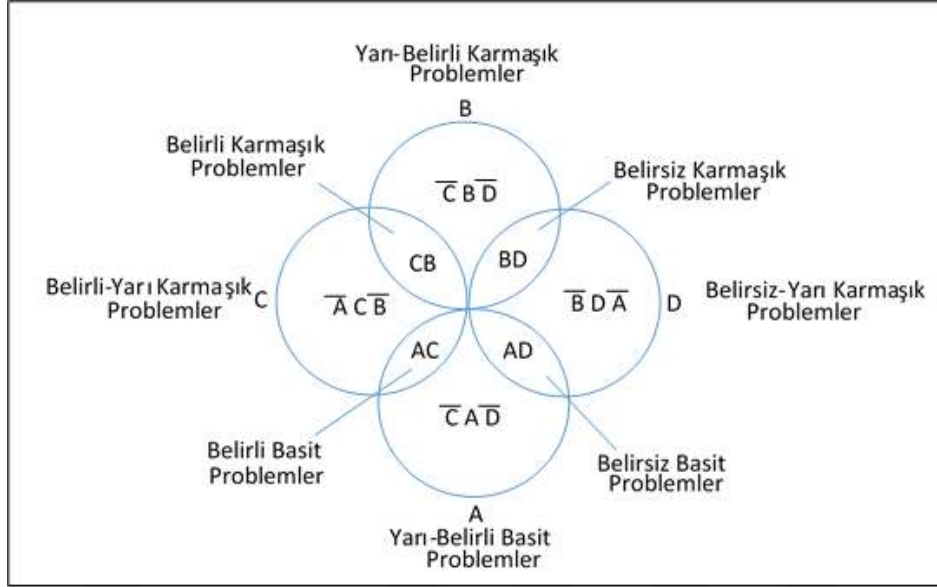
Kategori	Gri Sistem Teorisi	Olasılık ve İstatistik	Bulanık Matematik
Çalışma Alanı	Yetersiz bilgi	İstatiksel Belirsizlik	Dilsel Belirsizlikler
Temel Küme	Gri belirsiz kümeler	Kantor Kümeler	Bulanık Kümeler
Yöntem	Bilgi kapsamı	Olasılık Dağılımları	Üyelik Fonksiyonları
Prosedür	Gri seriler	Frekans Dağılımları	Marjinal Örneklem
Gereksinim	Herhangi bir dağılım	Belirli Bir Dağılım	Deneyim
Önem	Kapsam	Kapsam	Uzantı
Amaç	Gerçekçi kurallar	İstatiksel Kurallar	Dilsel İfadeler
Karakteristik	Küçük Örneklem	Büyük Örneklem	Deneyim

2.4. Disiplinlerarası Bilimler Yelpazesinde GST'nin Yeri

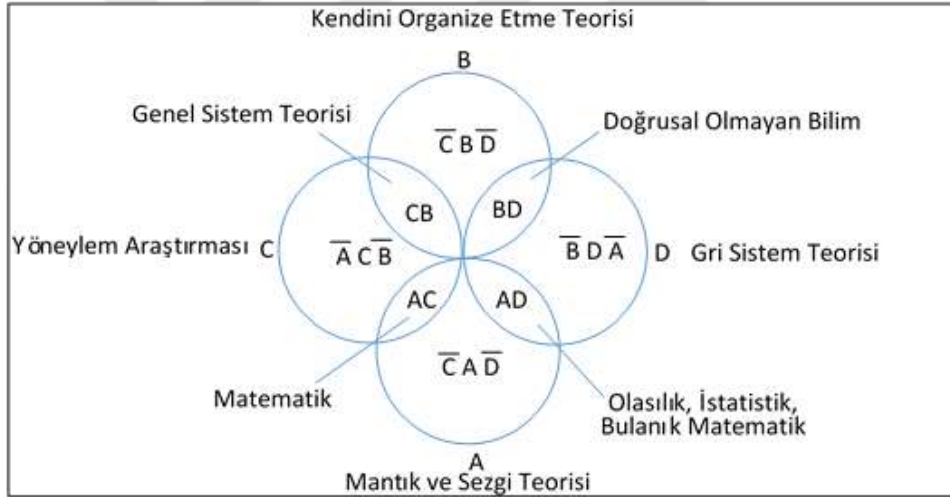
Sınıflandırma, öncelikle karmaşıklık ve belirsizliğe göre bilimsel problemleri ayırmakta, daha sonra bilimsel problemlerin metodolojik konularına işaret etmektedir. Bunu yaparak, gri sistem teorisini tüm disiplinlerarası bilimler yelpazesinde doğru bir konuma yerleştirebiliriz.

GST'nin diğer disiplinlerarası bilimlerde nerede olduğunu anlamak için Liu ve Lin (Liu ve Lin, 2006, s. 7-8) tarafından oluşturulan Venn Şemaları kullanılmaktadır.

Şekil 2.1'de bilimsel problemlerin sınıflandırması ve Şekil 2.2'de disiplinlerarası sınıflandırma görülmektedir.



Şekil 2.1. Bilimsel problemlerin sınıflandırması (Liu ve Lin, 2006, s.12)



Şekil 2.2. Disiplinlerarası sınıflandırma (Liu ve Lin, 2010, s.14.)

2.5. Gri Sayılar ve İşlemler

Her gri sistem, gri sayılar, gri denklemler, gri matrislerle tanımlanır. Bir gri sayı, gerçek değeri bilinmeyen fakat değeri içinde bulunduğu dizideki bir sayıdır. Uygulamalar, da bir gri sayı genel olarak bir aralık ya da genel bir sayı kümesinden oluşmaktadır. Gri sayılarla yapılan matematiksel işlemler ve gösterim biçimleri Liu ve Lin (2006, s. 23-32) tarafından oluşturulmuştur.

Sadece alt sınıra sahip gri sayılar: Gri sayılar alt sınıra sahip olup, üst sınır için sınır olmadığı zamanlarda ifade edilme şekli Denklem (2.1)'de verilmiştir.

$$\otimes \in [\underline{a}, +\infty) \text{ ya da } \otimes (\underline{a}) \quad (2.1)$$

Bu gösterimde $(\underline{a})$ gri sayı için sabit bir değer olup gri sayının alt sınırını göstermektedir. Gri sayının üst limiti belli olmadığından $(+\infty)$ ile ifade edilmektedir. $[\underline{a}, +\infty)$ ifadesi ise gri sayının ait olduğu değer aralığı ya da gri bölge olarak tanımlanmaktadır.

Örneğin bir canlı ağacın ağırlığı, alt sınırı olan gri bir sayıdır. Çünkü ağacın ağırlığı sıfırdan büyük olmalıdır. Ağırlığın tam değeri normal yollarla elde edilemez. Ağacın ağırlık gösterimi Denklem (2.2)'de olduğu gibi ifade edilecektir.

$$\otimes \in [0, +\infty) \quad (2.2)$$

Sadece üst sınıra sahip gri sayılar: Gri sayının üst sınıra sahip olduğu, alt sınır için sınırın belli olmadığı durumlarda ifade edilme şekli Denklem (2.3)'de görülmektedir.

$$\otimes \in (-\infty, \bar{a}] \text{ ya da } \otimes (\bar{a}) \quad (2.3)$$

Bu gösterimde $(\bar{a})$ gri sayı için sabit bir değer olup gri sayının üst sınırını göstermektedir. Gri sayının alt limiti belli olmadığından $(-\infty)$ ile ifade edilmektedir.

Aralıklı gri sayılar: Alt sınırı $(\underline{a})$ ve üst sınırı $(\bar{a})$ olan gri sayılardır. Gösterim şekli Denklem (2.4)'de görülmektedir.

$$\otimes \in [\underline{a}, \bar{a}] \quad (2.4)$$

Sürekli ve kesikli gri sayılar: Değerleri sonlu sayıda ya da bir aralık içinde sayılabilir bir değer alabilen gri sayılar, kesikli gri sayılar olarak adlandırılır. Bir aralığın tamamını kapsayan değerler alabilen sayılar ise sürekli gri sayılar olarak ifade edilmektedir.

Örneğin bir kişinin yaşı eğer 30 ve 35 arasında olursa, kişinin yaşı 30, 31, 32, 33, 34, 35 değerlerinden biridir. Bu yüzden yaş kesikli gri bir sayıdır. Kişinin boy ve kilosuna gelince bunlar sürekli gri sayılardır.

Siyah-beyaz sayılar: Alt ve üst limit yok ise $\otimes \in (-\infty, +\infty)$ ya da alt ve üst limitler gri sayılar ise $\otimes \in (\otimes_1, \otimes_2)$ bu tür sayılara siyah sayılar denilmektedir. Alt ve üst limitleri belli ve birbirine eşit ise bu tür sayılara da beyaz sayılar denilmektedir. $\otimes \in (\underline{a}, \overline{a})$ ve $\underline{a} = \overline{a}$ olduğu durumdur.

Temel gri sayılar: Temel gri sayı, beyaz bir sayıyı temsil edecek geçici ya da mümkün olmayan bir gri sayıdır. Örneğin, genel bir tahmin değeri, evrendeki toplam enerji miktarı temel gri sayıdır.

Temel olmayan gri sayılar: Temel olmayan gri sayılar, daha önceden bilinen bilgileri kullanarak ya da başka diğer anlamlar tarafından beyaz sayılar tanımlanabilen sayılardır.

Gri Sayıların Beyazlaştırılması ve Grilik Derecesi: Temel bir değer etrafında çok küçük değişimler gösteren bir gri sayı kümesi olsun. Bu gri sayılar kümesi nispeten kolayca beyazlaştırılabilir. Çünkü temel değeri, ana beyazlaştırma değeri gibi kullanabiliriz. Temel değeri ile birlikte bir gri sayı Denklem (2.5)'deki gibi gösterilir.

$$\otimes(a) = a + \delta_a \text{ ya da } \otimes(a) \in (-, a, +) \quad (2.5)$$

Buradaki δ_a değeri titreşim değerini göstermektedir. Bu gri sayının beyazlaştırma değeri $\otimes(a) = a$ 'dır. Örneğin yerel bir üniversiteden küçük bir grup yıllık araştırma harcamaları gri sayı olarak 10,000 civarında olduğu düşünülüyor.

$$\otimes(10,000) = 10,000 + \delta$$

Burada beyazlaştırma değeri 10,000 olur.

Aralıklı gri sayılar için genel $\otimes \in [a, b]$ beyazlaştırma değeri $\widetilde{\otimes}$ Denklem (2.6)'daki gibi gösterilmiştir.

$$\widetilde{\otimes} = \alpha a + (1 - \alpha)b, \alpha \in [0,1] \quad (2.6)$$

Tanım 1

Beyazlaştırma biçimi $\widetilde{\otimes} = \alpha a + (1 - \alpha)b$, $\alpha \in [0,1]$ eşit ağırlıklı beyazlaştırma olarak adlandırılmaktadır.

Tanım 2

Bir eşit ağırlıklı beyazlaştırmada beyazlaştırma değeri $\alpha=1/2$ alındığı zaman eşit ağırlıklı ortalama olarak adlandırılır. Bir aralıklı gri sayının dağılım bilgisi çok zor bilindiği durumlarda genellikle başvurulanan yöntem eşit ağırlıklı ortalama beyazlaştırma yöntemidir.

Tanım 3

Aralıklı gri sayılar $\otimes_1 \in [a, b]$ ve $\otimes_2 \in [c, d]$ olduğunu varsayalım.

$$\widetilde{\otimes}_1 = \alpha a + (1 - \alpha)b, \alpha \in [0,1] \quad (2.7)$$

$$\widetilde{\otimes}_2 = \beta c + (1 - \beta)d, \beta \in [0,1] \quad (2.8)$$

$\alpha = \beta$ ise $\otimes_1$ ve $\otimes_2$ sayıları eş zamanlı gri sayılardır.

$\alpha \neq \beta$ ise $\otimes_1$ ve $\otimes_2$ sayıları eş zamanlı gri sayılar değildir.

Aralıklı Gri Sayıların İşlemleri: Burada aralıklı gri sayıların çeşitli matematiksel işlemleri tanıtılmaktadır.

İki gri sayıya sahip olduğumuzu varsayalım.

$$\otimes_1 \in [a, b], a < b \text{ ve } \otimes_2 \in [c, d], c < d$$

(*) Sembolü $\otimes_1$ ve $\otimes_2$ gri sayıları arasındaki işlemi göstermek koşulu ile

$$\otimes_3 = \otimes_1 * \otimes_2 \quad (2.9)$$

$\otimes_3$ sayısı da aralıklı gri sayı olur.

$\otimes_3 \in [e, f]$, $e < f$ ve $\widetilde{\otimes}_1$ ve $\widetilde{\otimes}_2$, $\widetilde{\otimes}_1 * \widetilde{\otimes}_2 \in [e, f]$ şeklinde ifade edilir.

Kural-1 $\otimes_1$ ve $\otimes_2$ gri aralıklı sayılar olup,

$\otimes_1 \in [a, b], a < b$ ve $\otimes_2 \in [c, d], c < d$ şeklinde olduğunu varsayalım.

Bu iki gri sayının toplamı ise $\otimes_1 + \otimes_2$ Denklem (2.10)'daki gibi ifade edilir.

$$\otimes_1 + \otimes_2 \in [a + c, b + d] \quad (2.10)$$

Kural-2 $\otimes \in [a, b], a < b$ bir gri sayı olan $\otimes$ 'nin $-\otimes$ ifadesi Denklem (2.11)'deki gibidir.

$$-\otimes = [-b, -a] \quad (2.11)$$

Kural-3 $\otimes_1$ ve $\otimes_2$ Gri aralıklı sayılar olup,

$\otimes_1 \in [a, b], a < b$ ve $\otimes_2 \in [c, d], c < d$ şeklinde tanımlanmış iki gri sayının farkı Denklem (2.12)'deki gibidir.

$$\otimes_1 - \otimes_2 = \otimes_1 + (-\otimes_2) \in [a - d, b - c] \quad (2.12)$$

Kural-4 $\otimes \in [a, b], a < b$ ve $ab > 0$. Gri sayının tersi $\otimes^{-1}$ şeklinde gösterilir.

$$\otimes^{-1} \in \left[\frac{1}{b}, \frac{1}{a} \right] \quad (2.13)$$

Kural-5 $\otimes_1$ ve $\otimes_2$ gri aralıklı sayılar olup,

$\otimes_1 \in [a, b], a < b$ ve $\otimes_2 \in [c, d], c < d$ şeklinde tanımlanmış iki gri sayının çarpımı Denklem (2.14)'deki gibidir.

$$\otimes_1 \cdot \otimes_2 \in [\min\{ac, ad, bc, bd\}, \max\{ac, ad, bc, bd\}] \quad (2.14)$$

Kural-6 $\otimes_1 \in [a, b], a < b$ ve $\otimes_2 \in [c, d], c < d$ ve $cd > 0$ koşulu sağlanıyorsa, bu gri sayıların bir birine bölümü Denklem (2.15)'deki gibi tanımlanmaktadır.

$$\frac{\otimes_1}{\otimes_2} = \otimes_1 \cdot \otimes_2^{-1} \quad (2.15)$$

$$\otimes_1 / \otimes_2 \in [\min\{a/c, a/d, b/c, b/d\}, \max\{a/c, a/d, b/c, b/d\}]$$

Kural-7 $\otimes \in [a, b], a < b$, k pozitif gerçel bir sayı ise gri sayının k ile skaler çarpımı Denklem (2.16)'daki gibi tanımlanmıştır.

$$k \cdot \otimes \in [ka, kb] \quad (2.16)$$

GST yaklaşımında gri sayılar üzerinde yapılan işlemlerde bu kurallar geçerlilik göstermektedir. Tez çalışmasında, stok maliyetleri belirlenirken gri sayılardan faydalanılmıştır.

3. STOK YÖNETİMİ

Envanter kelimesinin kitaplarda stok yerine kullanıldığı görülmektedir. Stok; firmanın sabit değerleri dışında kalan gözle görülür aktifleridir. Başka bir ifadeyle fiziksel olarak mevcut olan her türlü malzemeyi içerir. Envanter, stoklara göre daha kapsayıcıdır. Stokları içinde barındırır. Stokların nakit değerinden söz edilmek isteniyorsa envanter sözcüğünün kullanılması daha doğrudur. Stoklardan söz ederken, envanter sözcüğünün kullanılması yanlış değildir. Ancak parasal değerlerden bahsederken “stok” kelimesini kullanmak yanlış olur (Yenersoy, 2015, s. 92).

Stok, işletmenin ihtiyaçlarını karşılamak üzere hazır bulunan bitmiş ürün veya çeşitli düzeylerden tamamlanmamış parçalar, yarı mamuller ya da hammaddeleri ifade etmek için kullanılan bir kavramdır (Küçük, 2009, s. 19).

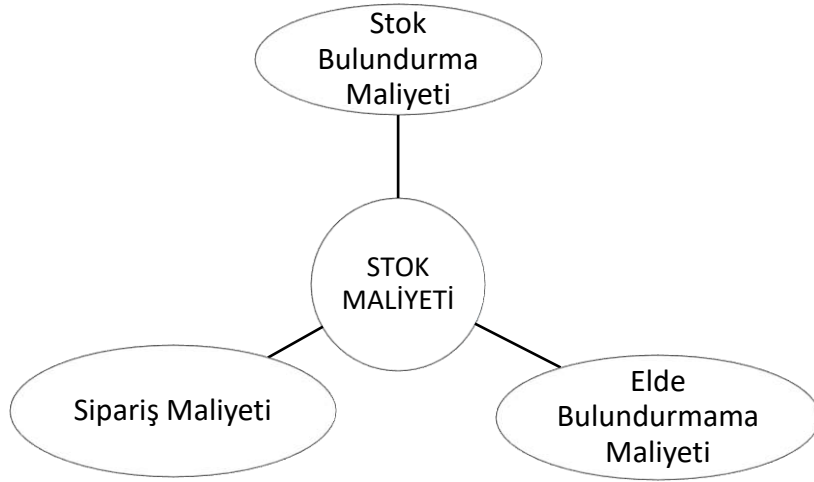
Bir üretim sisteminde üretilen ürüne dolaylı veya dolaysız olarak katılan bütün fiziksel varlıklar ve mamulün kendisi, stok kavramı içinde düşünülebilir. Stoklar söz konusu varlıkların miktarı veya parasal değeri ile ölçülür. Envanter kelimesi muhasebede, yılsonlarında stok miktarlarının doğruluğunu tespit etmek için yapılan fiziki stok sayımlarıyla karşılaştırma yapılmasıdır. (Kobu, 1998, s. 292).

Stok, kurum ya da kuruluşların ileride kullanmak üzere bulundurdıkları hammadde, yarı mamul veya diğer değerlerdir. Belli bir üretim sonucu elde edilen veya satın alma yoluyla temin edilen, üretim sürecine dâhil edilmeyip veya müşteriye sevk edilmeden belirli bir süre uygun bir yerde tutulan malzeme miktarıdır.(MEB, 2011, s. 3).

3.1. Stok Maliyetleri

Stok sistemlerinin işlemesi sırasında ortaya bazı maliyetler çıkar. Bu maliyetler üç ana başlıkta belirlenmiştir (Tanrıverdi, 2010, s.57). Bunlar;

- Sipariş Maliyeti (Hazırlık Maliyeti)
- Elde Bulundurma Maliyeti (Stok Tutma Maliyeti)
- Elde Bulundurmama Maliyeti (Stok Yokluğu Maliyeti)



Şekil 3.1. *Stok maliyetleri*

3.1.1. Elde bulundurma maliyeti

Elde bulundurma maliyeti, piyasaya satışını gerçekleştirmek veya kendi üretim süreçlerinde kullanmak için hazırda tutulan mal veya malzemenin mali yükünü tanımlar. Bu maliyet, miktara bağlı olan değişken bir maliyettir (Yenersoy, 2015, s. 92). Elde bulundurma maliyetleri birden fazla bileşenin toplamı olarak tanımlanır. Bu bileşenler;

a) Sermaye maliyeti (Finansman Getiri Oranı)

Sermayeden kaynaklı oluşan maliyetler, gider kalemlerinde kayıt altına alınmayan, fakat kurucular tarafından dikkate alınması gereken bir kalemdir. Stok tutma maliyetinin en önemli bileşenidir. Bu nedenle bazen diğer bileşenlerin değerlendirilmesine gerek duymadan, tek başına stok tutma maliyeti olarakta kullanılmaktadır (Yenersoy,2015, s. 92).

Stokta tutma maliyetinin zaman ve miktar bakımından dikkat edilmesi gereken en önemli unsuru, stoklar için ayrılan paranın değeridir. Nakit paranın stoklara harcanması, oluşabilecek fırsatların değerlendirilememesine yol açabilir. Bu nedenle stokta tutma maliyeti bir yandan fırsat maliyetine neden olmaktadır. Fırsat maliyeti, gider kayıtlarında tutulmayan, bir yatırım sonucu oluşan maliyettir. (Kaya, 2004, s. 11-12).

b) Depolama ve elleçleme maliyeti

Stokta tutulan varlıkların fiziksel olarak korunması (kira/amortisman, ısıtma, aydınlanma vb.) ve elleçlenmesi (malzeme boşaltma, mal kabul, gruplama, paket açma, paket bölme, istifleme, yerleştirme, eksik tamamlama, toplama, yükleme vb.) ile ilgili masrafları içerir.

Malzemenin stokta tutulması için kullanılan deponun fabrika içinde olup olmaması stokta tutma maliyetini doğrudan etkilemektedir. Stokta tutma işlemi işletme içinde yapıldığında, depolama masrafları sabit olmaktadır. Stoklar için ek bir depo kullanılıyorsa katlanılan stokta tutma maliyeti stok miktarına ve hareketine göre değişkenlik göstermektedir. Ürünlerin transfer edilmesi, korunması, gerekli personel ihtiyacı ek maliyetlere neden olmaktadır. Depo büyüklüğü ihtiyacı karşılamak için yeterli büyüklükte ise bu ek depo masraflarının maliyet değerlendirilmesinde bir anlam ifade etmediğini bilmekte fayda vardır (Tanyaş ve Baskak, 2015, s.129).

c) Stok risk maliyetleri

Stokta tutulan ürünün, raf ömrünün geçmesi, kaybolması, deforme olması ya da bozulması sonucu oluşan bir maliyettir.(Tanyaş ve Baskak, 2015, s.130). Bu maliyetler ciddi risk etkenidir. Malzemenin geri işlenmesi ya da imha süreci ise katlanılan ek maliyetlere yol açmaktadır.

Raf ömrü fazla olmayan ürün grupları stok seviyesini sınırlamaktadır. Ürünlerin bozulma riskine karşı uzun süre stokta tutmaktan kaçınılmaktadır. Bir başka ürün grubu gelişen teknolojiye bağlı olarak güncelliğini kaybedebilir. Değer kaybına neden olabilecek ürünlerin stokta tutulması maliyet etkenidir. Ürünün bozulması, değer kaybetmesi risklerine karşı ciddi bir değerlendirme ve karar verme sürecinin yönetilmesi gerekmektedir. Belirsizlik artıkça maliyet fonksiyonuna etkisini hesaplamak daha zor bir durum olacaktır (Kobu, 1998, s. 299).

d) Stok hizmet maliyetleri

Malzemenin korunması ve bozulmaması için yapılan bakım masrafları, sigorta masrafları bu maliyetlerin içinde yer almaktadır. Bazı ülkelerde stok yatırımlarına göre alınan vergiler vardır. Bu çeşit vergilerde stok hizmet maliyeti olarak hesaba katılır (Yenersoy, 2015, s. 96).

3.1.2. Elde bulundurmama maliyetleri

İşletmeler, stok maliyetlerine katlanmamak için ürünün stokta kalma süresini en az seviyede tutmaya çalışır. Az stok bulundurma avantaj sağlayabileceği gibi dezavantaja da neden olmaktadır. Oluşabilecek talep artışı karşısında talebi karşılamamak bazı maliyetleri beraberinde getirmektedir (Bilgin, 2013, s. 12). Bunlar;

- Karşılanmayan talebin maliyeti
- Müşteri gözünde oluşan itibarsızlık maliyeti
- Rekabet halindeki rakiplere pazar payı fırsatı verme maliyeti,
- Sıklıkla oluşturulan siparişlerin maliyeti,

şeklinde sıralanmaktadır.

Üretim sırasında kullanılacak hammadde ve yarı mamullerin stokta bulunmaması da elde bulundurmama maliyetlerine neden olmaktadır. Üretim sürecini aksatan hammadde ve yarı mamul eksikliği, üretim kayıplarına neden olmaktadır. İşgücünün kullanılmaması ve artması elde bulundurmama maliyeti içinde ele alınmaktadır (Sulak, 2008, s. 13).

3.1.3. Sipariş maliyetleri

İşletme içi ya da dışı fark etmeksizin talep edilen yeni bir sipariştten doğan maliyeti içerir. Örneğin, işletme dışında gerekli bir malzeme için talep formlarının doldurulması, gerekli bölümlere iletilmesi, onay süreçleri, tedarikçi firmalar arasında karşılaştırmalar yapılması, kalite onayları gibi süreçlerin yürütülmesinin bir maliyeti vardır.

Satış ekibi tarafından alınan sipariş üzerine üretim planlama kontrolünün yapılması, siparişin üretim programına alınması, iş emirlerinin oluşturulması da bir maliyet oluşturur. Benzer şekilde, siparişlerin üretime alınması üretim hattında makine ayaklarının değiştirilmesi, üretimi biten ürünlere ait kalıpların indirilip üretime alınacak ürünlere ait kalıp ve aparatların takılmasından kaynaklı katlanılan bazı maliyetler oluşmaktadır. Bu maliyetlerin tamamı sipariş ve hazırlık maliyetleri kapsamında değerlendirilmektedir (Kobu, 2006, s. 308).

Sipariş maliyetlerinde, sipariş oluşturulması esnasında yapılan yazışmalar ve iletişim maliyetleri ile birlikte kırtasiye malzemelerine yapılan harcamaları içermektedir. Verilen siparişlerin işletmeye ulaşması sürecinde ortaya çıkan maliyetleri karşılayacak taraf, firmaların kendi aralarında yaptıkları sözleşmelerle belirlenir. Ürünlerin sevkiyatı esnasında yapılan yükleme, boşaltma ve taşınması sırasında katlanılan maliyetlerde bu grupta değerlendirilmektedir (Küçük, 2009, s. 38).

3.2. Stok Bulundurma Nedenleri

Günümüzde artan rekabet koşulları ile birlikte işletmeler bu rekabet ortamında yaşamını sürdürebilmek için iyi bir yönetim politikasına sahip olmalıdır. Elde bulunan fiziksel olan ve olmayan bütün kaynaklar etkin bir şekilde kullanılmadığıdır. Stoklar çoğu işletmenin sahip olduğu önemli kaynakların başında gelmektedir. Stoklar, maliyet açısından işletmeleri finansal anlamda iyi ya da kötü yönde etkileyebilir.

İşletmeler rekabet ortamında yaşamlarını sürdürebilmek için müşteri taleplerine tam zamanında ve en iyi şekilde cevap vermelidir. Müşteri kaybını önlemek ve portföylerine yeni müşteriler eklemek şirketlerin temel politikalarını oluşturur. Arz ve talep miktarının günümüz koşullarında birbirine eşit olmasını beklemek neredeyse imkânsızdır. Şirketlerin mevcut müşteri ihtiyacını karşılamak ve oluşabilecek talep değişikliklerine ya da yeni müşteri isteklerine cevap verebilmek için belli düzeyde ürünü stokta tutmaları gerekmektedir. Müşterinin geri çevrilmemesi çok önemlidir (Karagöz, 2003, s. 62). Genel itibarı ile işletmelerin neden stok bulundurmaları gerektiği dört başlık altında toplanmıştır.

Ölçek Ekonomilerinden Yararlanma

Üretim yapılan işletmelerde farklı tiplerdeki ürünler için üretim hattının yeniden yapılandırılması ve makinelerin yeniden kalibre edilmesi gerekmektedir. Bu durum hazırlık maliyetlerine sebep olmaktadır. Ürün başına hazırlık maliyetini azaltmak için her değişimde yeterli sayıda üretim yapılmazdır. Başka bir ifadeyle fazla maliyetlerden kaçınmak için stokta tutup, gelecekte kullanmak için her üretim hattında büyük partiler üretilmelidir. Bu durum ürün başına düşen hazırlık maliyetlerini azaltıp, fazladan stok elde bulundurulmasına izin verir (Nahmias, 1982, s. 195).

İşletmeler ölçek ekonomisinden faydalanarak hazırlık maliyetlerini ve her ürün için birim üretim maliyetini mümkün olduğunca enküçükmeye çalışmaktadır. Fakat stokta bulundurma maliyetlerinin de işletmelerin çok fazla istediği bir durum değildir. Bu yüzden bu iki durum karşılaştırılmalıdır.

Belirsizlikler /Talep Belirsizliği /Arz Belirsizliği

Belirsizlik çoğu zaman firmaları stok tutmaya teşvik etmektedir. Talep belirsizliği en önemlisidir. İşletmeler müşteri tercihlerine cevap verebilmek için farklı öğeler stoklar. Müşteriler bir ürüne istediğinde ulaşamadıklarında başka bir yere gidebilir. Daha kötüsü müşteri bir daha dönmeyebilir. Stoklar belirsiz talep için bir tampon görevi görür (Nahmias, 2009, s. 195).

İşletmeler ürettikleri mal ya da hizmetleri satmak ve kâr elde edebilmek için rekabet halindedirler. Gelişen bilim ve teknoloji ile birlikte piyasa çok ani tepkiler gösterebilmektedir. Müşteri kayıpları, yeni müşterilerin bulunması, iflaslar veya hızlı büyüme trendleri görmek mümkündür. Belirsizliklerin hâkim olduğu ortamda talep artışları veya azalışları yaşanabilmektedir. Ani talep artışlarına tepki verememek satış kayıplarına hatta müşteri kayıplarına neden olabilmektedir (Karagöz, 2003, s. 63).

Stokları işletmeler üzerinde rekabet aracı, verimlilik ve sağladığı desteğe göre iki başlık altında toplamak doğru olur. Her işletmenin çıktısı olan ürün ya da hizmet farklı olabildiği gibi girdileri de farklılık gösterebilmektedir. Stoklar firmaları birbirinden ayırt ettiği gibi tedarik kaynaklarını da bir birinden ayırır. Bir işletmenin çıktısı bir başka işletmenin girdisini oluşturabilmektedir. Üretim verimliliklerinin artması, talep miktarlarının karşılanmasını kuvvetlendirmektedir. Müşteri talebinin tam zamanında

karşılanması işletmelere önemli derecede fayda ve prestij sağlar. Tam tersi durumla karşılaşıldığı zaman, talep, arz eşiğinin üzerine çıktığında yaşanacak kayıplar bir o kadar işletmeyi zarara uğratacaktır. Anlık satış kayıplarının yanında uzun soluklu talep karşılanmaması durumunda müşterilerde oluşacak güven kaybı işletmeler için gerilemenin göstergesidir (Filiz, 2003).

Speküstasyonlar

Bir maddenin veya doğal kaynağın değerinin artması bekleniyorsa, şuan ki fiyatlarla büyük miktarlar satın almak ve ilerideki tarihte yüksek fiyatları ödemektense gelecekteki kalemleri depolamak daha ekonomik olabilir. Speküstasyon, aynı zamanda bir işçi grevinin mümkün olabileceği bir firma için bir faktör olabilir. Ciddi bir emek sıkıntısı olduğunda üretim maliyeti önemli ölçüde artabilir (Nahmias, 2009, s. 196).

Bu nedenlerden dolayı işletmeler fazladan stok bulundurarak fiyat artışından etkilenmemeyi veya kârlarını artırmayı hedeflerler.

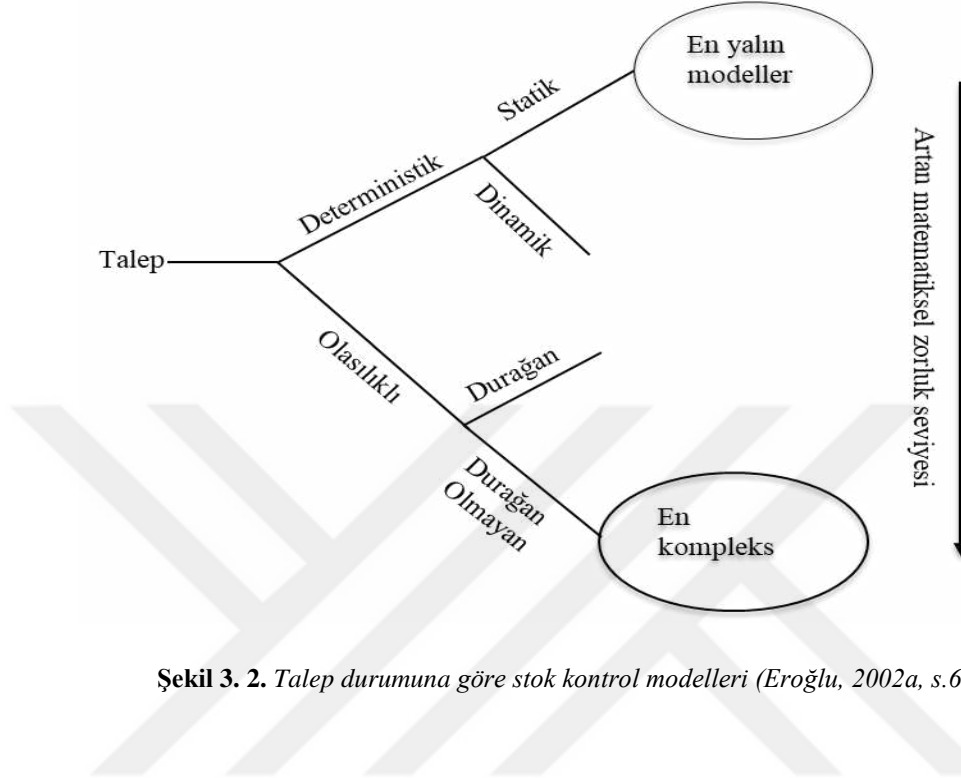
İşletme Faaliyetlerinin Sürekliliğini Sağlama

Üretim yapan işletmeler, değinilen bütün olumsuzların dışında, mevcut üretim süreçlerini sürdürmek için belirli oranda stok elde tutmak zorundadır. Arızalanmalar, plansız duruşlar, hammadde ve yarı mamul stoklarının tedarikinde yaşanacak gecikmeler göz önünde bulundurularak hareket edilmelidir. Malzeme tedariki için yeni tedarikçi ve fiyat araştırması yapmak, ya da acil ihtiyacı gidermek için yüksek fiyatlardan stoklar temin edilmek zorunda kalınacaktır. Stok olmaması durumunda başvurulacak bu yollar maliyetleri artıran durumlardır (Sulak, 2008, s. 16).

3.3. Stok Kontrol Modelleri

Stok maliyetleri işletmelerin gider kalemlerinin başında gelmektedir. Bu maliyetleri kontrol altında tutmak ve yönetebilmek adına stok kontrol modelleri oluşturulmuştur. Stok kontrol modellerinin temel amacı, işletmenin üretimde kullanması için yeterli miktarda hazırda stok bulundurulmasıdır. Üretimde kullanılacak malzemelerin ihtiyaç miktarı ve temin edilme zamanının belirlenmesine yardımcı

olmaktadır (Tanyaş ve Baskak, 2015, s. 219). Talep durumuna göre stok kontrol modelleri Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3. 2. Talep durumuna göre stok kontrol modelleri (Eroğlu, 2002a, s.6)

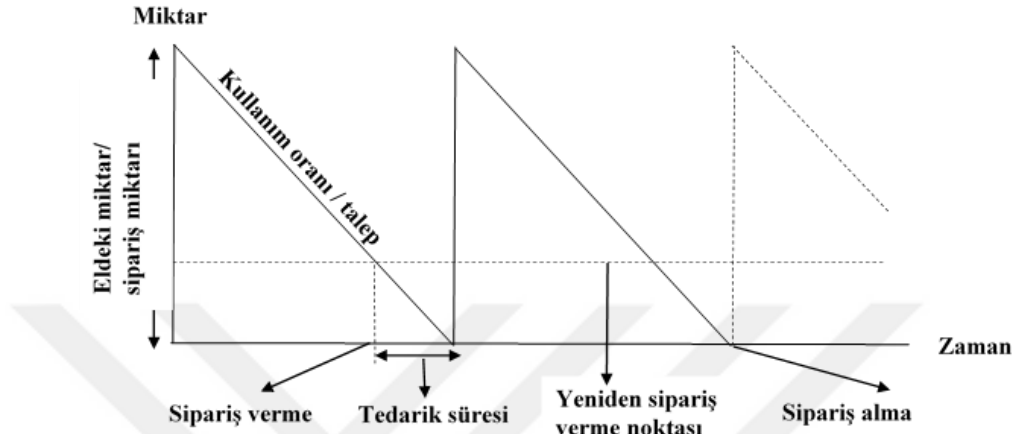
3.3.1. Deterministik statik stok kontrol modelleri

Talep miktarı bilinen stok kontrol modelleridir. Talep miktarının değişmediği her periyotta sabit olduğu deterministik statik modellerdir. Klasik ekonomik sipariş modeli ve üretim miktarı modelleri en çok bilinen deterministik statik stok kontrol modelleridir.

3.3.1.1.Klasik ekonomik sipariş miktarı modeli

Klasik ekonomik sipariş miktarı modelinde sipariş miktarı (Q) sabittir. Sipariş modellerinin en yalın hali ve temellerini oluşturur. Bu modelde belli periyotlarda belli miktarlarda (partiler halinde) siparişler verilmektedir. Siparişler için sabit bir tedarik (lead time) süresi göz önünde bulunduruluyorsa, stok seviyesi belli bir seviyeye (Reorder point) düştüğü anda sipariş verilmekte ve bu tedarik süresinin sonunda siparişler alınmaktadır. Bazı durumlarda tedarik süresi sıfır olarak alınmakta ve stok bittiği anda siparişler verilmektedir.

Bu modelde elde bulundurma ve sipariş maliyetleri göz önünde bulundurulmakta. Amaç çoğu stok kontrol modelinde olduğu gibi toplam maliyeti enküçükmektir. Sipariş miktarının zamanla değişimi Şekil 3.3’de görüldüğü gibidir.

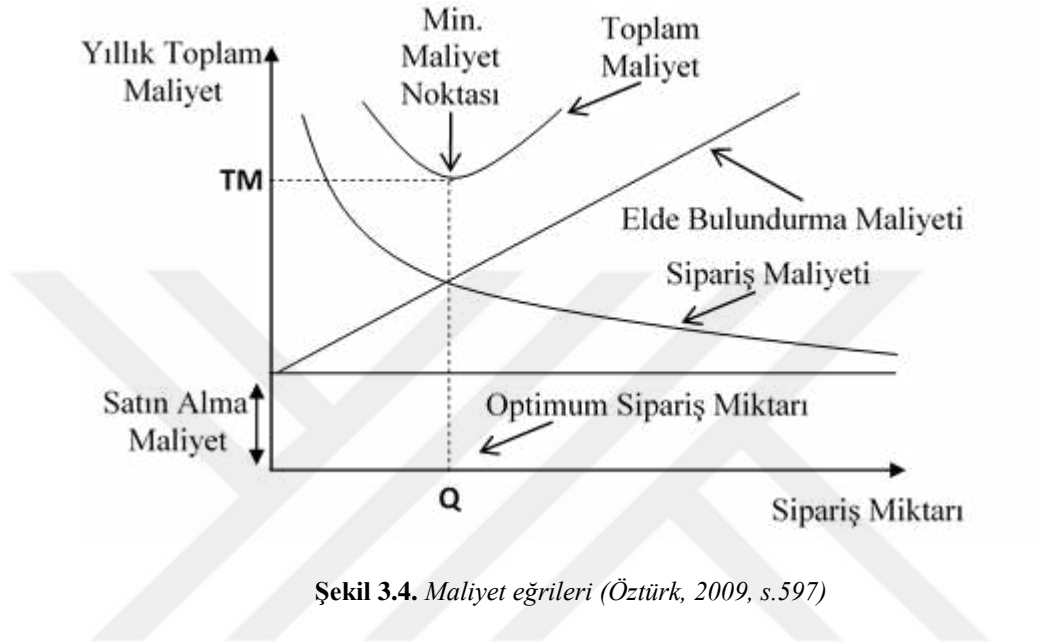


Şekil 3.3. Sipariş miktarının zamana bağlı değişimi (Stevenson, 2005, s. 493)

Temel model birkaç varsayım içermektedir.

- Yalnızca bir ürün türü içermektedir.
- Yıllık talep miktarı bilinmektedir.
- Talep yıl boyunca eşit aralıklarla, sabit devam etmektedir.
- Tedarik süresi değişken değildir.
- Her sipariş tek bir parti şeklinde alınmaktadır.
- Miktar indirimi yoktur, mal fiyatları her dönem aynıdır (Stevenson, W.J. 2005, s. 493).

Maliyet eğrilerinden de görüldüğü üzere elde bulundurma maliyeti ile sipariş maliyetinin kesiştiği noktada, toplam maliyet değerini enküçükleyen bir eniyi sipariş miktarı bulunmaktadır ve bu değer bulunmalıdır. Maliyet eğrileri Şekil 3.4’de verilmektedir.



Şekil 3.4. Maliyet eğrileri (Öztürk, 2009, s.597)

Bu modelde en az stok seviyesi sıfır ve en fazla stok seviyesi Q’dur. Elde edilen ortama stok düzeyi $I_{ort} = Q/2$ olarak belirlenir. Maliyet fonksiyonu denklemi sipariş maliyeti, elde bulundurma ve satın alınan malın maliyetleri toplamından oluşmaktadır.

Toplam Maliyet = Sipariş Maliyeti + Elde Bulundurma Maliyeti + Satın Alınan Malın Maliyeti

Modelde ele alınan parametreler (Acar, 2009, s. 598);

k: Satın alınan malın birim fiyatı

v: Sipariş maliyeti (sipariş miktarı göze alınmadan)

c: Elde bulundurma maliyeti

D: Talep (istem miktarı)

Q: Sipariş miktarı

k, v, c ve D parametrelerinin değerleri bilinmektedir. Bu değerler değişken değildirler. Q değeri ise belirlenmesi gereken ekonomik sipariş miktarıdır.

Dönem başına sipariş sayısı (n):	(D/Q)
Dönem başına sipariş maliyeti:	$v * (D/Q)$
Dönem başına ortalama stok seviyesi:	$(Q/2)$
Dönem başına elde bulundurma maliyeti:	$c * (Q/2)$
Dönem başına satın alınan malların maliyeti:	$k * D$
Toplam maliyet =	$v \times (D/Q) + c \times (Q/2) + k \times D$

Q değerinin bulunması için toplam maliyet fonksiyonunun Q'ya göre birinci türevi alınıp sıfıra eşitlenmelidir. Fonksiyonun ikinci türevi sıfırdan büyük ise elde edilen Q değeri maliyet fonksiyonunu enküçük yapan değerdir.

$$\frac{dTM}{dQ} = -\frac{vD}{Q^2} + \frac{c}{2} = 0 \quad (3.1)$$

$$Q = \sqrt{\frac{2vD}{c}} \quad (3.2)$$

$$\frac{d^2TM}{dQ^2} = \frac{2vD}{Q^3} > 0 \quad (3.3)$$

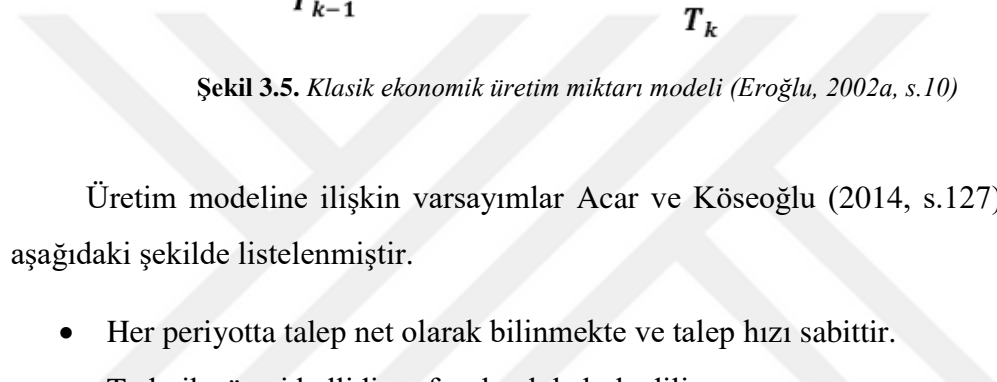
3.3.1.2. Klasik ekonomik üretim miktarı modeli

Üretim alanında kullanılır ve ekonomik sipariş modelinden türetildiği düşünülmektedir. Bu modelde belli bir süre boyunca hem üretim hem de talep söz konusudur. İki aşamalı olarak karşımıza çıkmaktadır. İlk aşamada, $(T_{kp} - T_{k-1})$ aralığında belli bir üretim (P) ile birlikte bir talep (D) söz konusudur. İkinci aşamada, $(T_k - T_{kp})$ aralığında sadece eldeki stoklarla talep karşılanmaktadır. Eldeki stok miktarı (I_m) enküçük olduğu anda tekrardan üretime geçilmektedir. İlk aşamada üretim hızı talep hızından büyük ($P > D$) olmalıdır. Çünkü aynı anda hem talebi karşılaması hem de bir sonraki aşama için belli bir stok bulundurma seviyesine ulaşması gerekir.

Şekil 3.5. *Klasik ekonomik üretim miktarı modeli (Eroğlu, 2002a, s.10)*

Üretim modeline ilişkin varsayımlar Acar ve Köseoğlu (2014, s.127) aşağıdaki şekilde listelenmiştir.

- Her periyotta talep net olarak bilinmekte ve talep hızı sabittir.



Şekil 3.5. Klasik ekonomik üretim miktarı modeli (Eroğlu, 2002a, s.10)

Üretim modeline ilişkin varsayımlar Acar ve Köseoğlu (2014, s.127) aşağıdaki şekilde listelenmiştir.

- Her periyotta talep net olarak bilinmekte ve talep hızı sabittir.

Üretim modeline ilişkin varsayımlar Acar ve Köseoğlu (2014, s.127) tarafından aşağıdaki şekilde listelenmiştir.

- Her periyotta talep net olarak bilinmekte ve talep hızı sabittir.

- Üretim modeline ilişkin varsayımlar Acar ve Köseoğlu (2014, s.127) tarafından aşağıdaki şekilde listelenmiştir.
- Her periyotta talep net olarak bilinmekte ve talep hızı sabittir.

Klasik ekonomik sipariş miktarı modeli parametreleri ile aynıdır. Fakat burada değişen bir durum söz konusudur.

$$(T_{kp} - T_{k-1}) : \text{k. dönemdeki üretimin devam ettiği zaman aralığı}$$
$$(T_k - T_{kp}) : \text{k. döneminde üretimin olmadığı zaman aralığı}$$
$$T : \text{Periyot sayısı/dönem sayısı}$$

I_m : Bir dönemdeki maksimum stok miktarı

Şekil 3.5'teki verilerden faydalanılarak Denklem (3.4)'teki gibi bir orantı elde edilmektedir.

$$T = T_k - T_{k-1} = \frac{I_m}{P - D} = \frac{Q}{P} \quad (3.4)$$

$$I_m = (1 - D/P) * Q \quad (3.5)$$

Modeldeki dönem başına ortalama stok miktarı Denklem (3.6)'daki gibidir.

$$\left(\left(1 - \frac{D}{P} \right) * Q \right) / 2 \quad (3.6)$$

Toplam maliyet Denklem (3.7)'teki gibi ifade edilmektedir.

$$v * \left(\frac{D}{Q} \right) + \frac{c * Q * \left(1 - \frac{D}{P} \right)}{2} + k * D \quad (3.7)$$

Ekonomik sipariş modelinde olduğu gibi ekonomik sipariş miktarını (Q) bulmak için toplam maliyet fonksiyonun Q'ya göre birinci türevi alınmalıdır.

3.3.2. Deterministik dinamik stok kontrol modelleri

Talep miktarının değişmediği her periyotta sabit olduğu deterministik modelleri, statik modeller olarak tanımlamıştık. Talep oranının bir periyottan diğerine değiştiği deterministik modeller ise dinamik modelleri oluşturmaktadır. Her periyottaki sipariş miktarı için farklı yaklaşımlar önerilmiştir (Acar, ve Köseoğlu, 2014, s. 127). Bu yaklaşımlar üç başlık altında incelenmektedir.

Klasik ekonomik sipariş miktarı modelini kullanmak: Bu modelin kullanılması için periyotlar arasındaki talep değişkenliğinin mümkün olduğunca düşük seviyede olması gereklidir. Belirlenen dönemlerde meydana gelen talebin ortalaması kullanılarak her periyotta sabit siparişler verilmektedir.

Matematiksel modelleri kullanmak: Stok tükenmesine izin verilmesi ve verilmemesi durumları için kesikli-zaman değişken-talep parti büyüklüğü modellerinin optimal çözüm yöntemleri sırasıyla Wagner-Whitin ve stok tükenmesi durumunda bazı dinamik progama algoritmalarıdır (Eroğlu, 2012a, s. 21).

Stok maliyetlerini enazlama konusunda birçok çalışma yapılmış ve çeşitli yöntemler ve teknikler geliştirilmiştir. Dinamik programlama yöntemi bu tekniklerden bir tanesidir. Dinamik programlama daha çok aşamalı problemlerin çözümünde başvurulmuş bir teknik olmasına rağmen stokların kontrolünde sıklıkla tercih edilmektedir. Wagner-Whitin en çok kullanılan dinamik programlama yöntemidir. Bu teknikle, belirlenen periyotlardaki ihtiyaç miktarı belirlenmektedir. Ayrıca stokta tutma maliyeti ve sipariş maliyetlerinin toplamını eniyilemeye çalışan bir tekniktir (Durucasu, 2004, s. 115-139).

Sezgisel yöntemleri kullanmak: Çok fazla karmaşık hesaplamalara girmeyen, talepteki değişimleri içine alan sezgisel yöntemler, karar vericilerin daha kolay kavrayıp uygulayabilecekleri ve daha az sürede sonuca varacakları çözüm yöntemleridir. Kesin sonuç vermeyip, en iyi çözüme yakın sonuçlar vermektedir. Bu alanda bilinen sezgisel yöntemler; Silver-Meal sezgiseli, Lot-for-Lot (L4L) ve en düşük birim maliyet sezgiselidir (Sulak, 2008, s. 27).

3.3.3. Stokastik stok kontrol modelleri

Bir ürüne olan ihtiyaç zaman içinde değişkenlik gösterebilir. Çünkü ürüne olan talep artabilir veya azabilir. Böyle bir durumda ürüne olan ihtiyaç değişkenlik gösterecektir. İhtiyaçtaki değişime bağlı olarak ta ihtiyacın tedarik süresinde de değişimler olacak ve sabit olmayacaktır. Böyle bir durumda stoksuz kalma ihtimali artacaktır. Stoksuz kalmayı önlemek yüksek maliyetlere neden olabilir. Bu gibi maliyetler, belirsizlikler ve dalgalanmaların etkisinden korunmak için elde tutulan fazla stok maliyetleridir. Elde tutulan fazla stoklara “emniyet stoku” denir. Emniyet stoku, stok tükenmesini önlemek amacıyla elde tutulan fazla stoku ifade eder (Öztürk, 2009, s. 618).

Emniyet stokunun amacı belirsizlik ve dalgalanmalara karşı bir kalkan oluşturmak ve elde bulundurmama maliyetlerini en küçük yapmaya çalışmaktır. Emniyet stokları elde bulundurmama maliyetlerini azaltırken diğer yandan stokta tutma maliyetlerini artırmaktadır. Ayrıca emniyet stokları sipariş sayısını ve siparişler arasındaki süreyi değiştirmektedir. Dönemler arasında ürüne olan talep, değişkenlik göstermektedir.

Deterministik stok kontrol modellerinde parametre değerleri sabittir. Ayrıca modelde parametre değerleri tam olarak bilinmektedir. Stoklar ile ilişkili olarak, parametrelerden en az bir tanesinde belirsizlik olması durumunda model değişmektedir.

Belirsizlikten kast edilen parametrelerden en az bir tanesi bir olasılık yoğunluk dağılımına göre davranış gösteriyorsa stok kontrol modeli olasılıklı ya da stokastik model olarak adlandırılır. Stokastik kontrol modellerinde devamlı gözden geçirme durumu söz konusudur. Ayrıca periyodik olarak gözden geçirme yapmak mümkündür. Yenileme teoremine yer verilir. Sipariş miktarına göre yenileme kararı vermek mümkündür. Sipariş miktarının sabit ve değişkenlik göstermesi yenileme kararını değiştirmemektedir. İki durumda da yenileme kararı verilebilir (Akyurt, 2009,s. 20).



4. KUSURLU ÜRÜN İÇEREN GRİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMİŞ EOQ MODELİ VE MALİYET FONKSİYONU

Geleneksel ekonomik sipariş EOQ ve Geleneksel üretim sipariş EPQ modelinin temel varsayımlarından birisi üretilen ya da sipariş edilen ürünün kusursuz olarak elde edildiğidir. Fakat gerçek hayattaki durum bunu destekler nitelikte değildir. Günlük yaşamda üretim aşamasında birçok nedenden, özellikle makine ve insan faktörüne bağlı olarak, ürünler hatalı olarak üretilebilmektedir. Ayrıca sipariş edilen ürünlerin taşınması sırasında yine aynı şekilde ürünler hasar görmektedir.

Bir üretim sürecinde hatalı ya da kusurlu ürün olması kaçınılmazdır. Bir makinenin sürekli kusursuz bir şekilde çalışması olanaksızdır. Her makinenin bir ömrü, çalışma periyodu vardır. Zamanla bozulmalar sonucu kusurlu ürün sayısı artacaktır. Yeniden işleme alınarak kusurlu ürün sayısı azaltılmaktadır. Fakat bazı durumlarda kusurlu ürünler herhangi bir işleme tabi tutulmadan ikinci kalite ya da daha düşük kalitede ürünler olarak piyasaya sürülmektedir. Bu ürünlerin stok politikaları da maliyet unsuru yönetimi için oldukça önemlidir. Kusurlu ürünleri içeren EOQ modelleri Salameh ve Jaber (2000) ile Maddah ve Jaber (2008) tarafından yapılan çalışmalarla ortaya çıkmıştır.

4.1. Literatür Araştırması

Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli stok kontrolünde sıklıkla uygulamada yer bulan bir yöntemdir. Kusurlu ürünlerin de maliyet fonksiyonuna dâhil edildiği bazı çalışmalar izleyen adımda tanıtılmıştır.

Salameh ve Jaber (2000) kusurlu ürün durumunu ele alarak EOQ modelini analiz etmişlerdir. Bu çalışmada tedarik süresi sıfır olarak kabul edilmiştir. Stoksuzluğa izin verilmemektedir. Siparişi verilen her partide belli miktarda kusurlu ürün olduğu ve bu kusurlu ürün miktarının ise bir olasılık yoğunluk fonksiyonuna göre değiştiği varsayılmıştır. Çalışmada ürünlerin yüzde yüz hatasız olmadığı üzerine EOQ modeli genişletilmiştir.

Goyal ve Baron (2002), yaptıkları çalışmada Salameh ve Jaber (2000) modelini ele almışlardır. EOQ miktarının bulunmasında yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntemle Salameh ve Jaber (2000) yöntemi karşılaştırıldığında, geliştirilen yöntemle sonuca daha kolay ve basit bir şekilde ulaşıldığı görülmüştür.

Chang (2004), çalışmasında Salameh ve Jaber (2000) modeli üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada öncelikle kusurlu oranı bulanık değerler olarak ele alınmıştır. Daha sonra hem kusurlu oranı hem de yıllık talep miktarını bulanık değişkenler olarak EOQ modelinde ele almıştır.

Papachristos ve Konstantaras (2006), Salameh ve Jaber (2000) çalışmasını ele almışlardır. Ortalama kârı maksimize etmeye çalışmışlardır. Elde bulundurmama durumuna düşmemek için gerekli çalışmalar yapılmış, Salameh ve Jaber (2000) modeli genişletilmiştir.

Wee vd. (2007), çalışmada Salameh ve Jaber (2000) modelini ele almışlardır. Bu çalışmada talebin anında karşılandığı varsayımına dayanarak model geliştirilmiştir. Gelen sipariş ile bir önceki dönemden karşılanamayan talebin anında karşılandığı varsayılmıştır.

Eroğlu ve Özdemir (2007) çalışmalarında her sipariş edilen partinin hatalı bazı kalemleri içerdiği ve elde bulundurmama durumunu içeren bir EOQ modeli geliştirilmişlerdir. Her sipariş %100 incelenip, hurda, kusurlu ve kaliteli ürünler ayrıştırılmış ve kusurlu ürünlerin çözüm üzerindeki etkisi bir örnekle verilmiştir. Gelen sipariş ile bir önceki dönemden karşılanamayan talep, kusurlu ürünler ayrıştırıldıktan sonra karşılanır.

Maddah ve Jaber (2008), Salameh ve Jaber (2000) modelini tekrar ele almışlardır. Bu modeldeki bazı eksiklikler düzeltilmiştir. Ayrıca çözüme ulaşmak için daha basit denklemler ile modeli desteklemişlerdir. Çalışmalarında kusurlu ürünlerin birkaç parti sonunda toplandıktan sonra tek seferde gönderilmesi için yeni bir model geliştirmişlerdir.

Tez çalışmasında, kusurlu ürünleri içeren maliyet fonksiyonu ve elde bulundurmama durumuna izin verilmeyen bir EOQ modeline gri sistem teorisi yaklaşımıyla çözüm araştırılmaktadır.

EOQ modelinde kullanılacak talep değerinin doğru ve güvenilir olması çok önemlidir. Gelecekle ilgili tahminler yapılırken kesin bir bilginin olmamasından dolayı geçmiş verilerden yararlanılmaktadır. Kesin bir bilginin olmaması, tahmin sürecinin bir belirsizlik içerdiğinin kanıtıdır.

4.2. Salameh ve Jaber (2000) Modeli

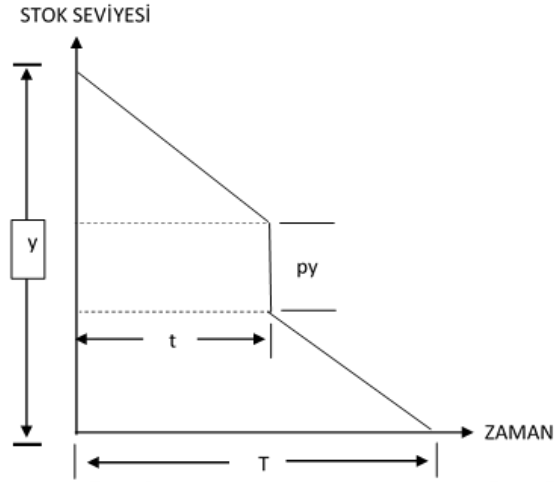
Stok kontrol modellerinin matematiksel zorluk derecelerine göre sınıflandırmak mümkün. Bu zorluk derecelerinin belirlenmesinde bazı temel varsayımlar dikkate

alınmaktadır. Klasik EOQ ve EPQ modellerinde dikkat edilmesi gereken varsayımlardan bir tanesi talep edilen sipariş ya da üretilen her partideki ürünlerin tamamının kusursuz ve kullanıma uygun olmasıdır. Normal şartlarda bu durumun geçerli olması imkânsızdır. Belirsizliklerin fazla olduğu günümüzde hem üretim süreçlerinde hem de sonrasında sürekli hatasız ürün üretmek ve sevk etmek mümkün değildir. Ürünler yükleme, taşınma ya da indirme aşamasında zarar görebilir veya üretimden hatalı ürün çıkabilir (Sulak ve Eroğlu, 2009, s. 383-406).

Salameh ve Jaber (2000) modeli kusurlu ürün durumunu ele alarak EOQ modelini analiz etmişlerdir. Bu çalışma da tedarik süresi sıfır olarak kabul edilmiştir. Stoksuzluğa izin verilmemektedir. Siparişi verilen her partide belli miktarda kusurlu ürün olduğu ve bu kusurlu ürün miktarının ise bir olasılık yoğunluk fonksiyonuna göre değiştiği varsayılmıştır. Ürünler %100 incelenmektedir. Tespit edilen kusurlu ürünler inceleme bitimine kadar stokta tutulmaktadır. İnceleme bittikten sonra kusurlu ürünler tek parti halinde satılmaktadır. Bu modelde birim kârın enbüyüklenmesi amaçlanmıştır. En uygun sipariş maliyeti belirlenmeye çalışılmıştır. Kullandıkları notasyonlar ve denklemler şu şekildedir (Salameh ve Jaber, 2000, s. 59-64).

y	:	Sipariş miktarı
c	:	Birim değişken maliyet
K	:	Sipariş maliyeti
p	:	Sipariş miktarı içindeki kusurlu ürün yüzdesi
f(p)	:	p'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu
s	:	İyi kalitedeki ürünlerin birim satış fiyatı
v	:	Kalitesiz ürünlerin birim satış fiyatı $v < c$
x	:	İnceleme oranı
h	:	Birim stokta tutma maliyeti
d	:	Kusurlu ürünleri ayırmak için birim inceleme maliyeti
T	:	Periyot süresi
D	:	Yıllık talep miktarı

Zamanla stok seviyesi davranışı Şekil 4.1’de verilmektedir.



Şekil 4. 1. Zamanla stok seviyesi davranışı (Eroğlu, 2002b, s.88)

t kusurlu ürünlerin ayrıştırılması için gerekli süre olarak ele alınmaktadır.

$$T = \frac{(1 - p) \times y}{D} \quad (4.1)$$

$$t = \frac{y}{x} \quad (4.2)$$

Her siparişteki kusursuz ürünlerin sayısı $N(y, p)$ olduğundan;

$$N(y, p) = y - py = (1 - p)y \quad (4.3)$$

t süresi boyunca stoksuzluğa düşmemesi için kusursuz ürün sayısı , $N(y, p)$, en az talebe eşit olmalıdır.

$$N(y, p) \geq Dt \quad (4.4)$$

$t = y/x$ olduğundan denklemde yerine konulursa

$$p \leq 1 - (D/x) \quad (4.5)$$

Toplam satış geliri denklemi Denklem (4.6)’da ve toplam maliyet denklemi Denklem (4.7)’de verilmektedir.

$$TR = sy(1 - p) + vpy \quad (4.6)$$

$$TC(y) = K + cy + dy + h \left[\frac{y(1 - p)T}{2} + \frac{y^2 p}{x} \right] \quad (4.7)$$

Elde edilen kâr ise toplam satış geliri ile toplam maliyet arasındaki farka eşittir.

$$TP(y) = TR(y) - TC(y) \quad (4.8)$$

$$TP(y) = sy(1-p) + vpy - \left[K + cy + dy + h \left[\frac{y(1-p)T}{2} + \frac{y^2p}{x} \right] \right] \quad (4.9)$$

Birim zamanda elde edilen kâr (TPU(y)), toplam kârın (TP(y)), çevrim süresine (T) bölünmesiyle elde edilir.

$$TPU(y) = \frac{TP(y)}{T} \quad (4.10)$$

$$TPU(y) = D \left(s - v + \frac{hy}{x} \right) + D \left(v - \frac{hy}{x} - c - d - \frac{K}{y} \right) \frac{1}{1-p} - \frac{hy(1-p)}{2} \quad (4.11)$$

P, f(p) gibi bilinen bir olasılık yoğunluk fonksiyonuna bağlı olarak rastgele bir değişken olduğundan dolayı birim kârın beklenen değerinin hesaplanması gerekir.

$$ETPU(y) = D \left(s - v + \frac{hy}{x} \right) + D \left(v - \frac{hy}{x} - c - d - \frac{K}{y} \right) E \left[\frac{1}{1-p} \right] - \frac{hy(1-E[p])}{2} \quad (4.12)$$

Beklenen birim kâr fonksiyonunun konkavlık durumu nedeniyle; beklenen birim kâr fonksiyonunun birinci türevi alınırsa Denklem (4.13) elde edilir.

$$ETPU'(y) = \frac{hD}{x} - \frac{hD}{x} E \left[\frac{1}{1-p} \right] + \frac{KD}{y^2} E \left[\frac{1}{1-p} \right] - \frac{h}{2} + \frac{hE[p]}{2} \quad (4.13)$$

İkinci türev alındığında;

$$ETPU''(y) = -2KDE \left[\frac{1}{(1-p)} \right] / y^3 \leq 0 \text{ y'nin bütün değerleri için negatiftir.}$$

Eniyi y değeri Denklem (4.14)'deki gibi elde edilir.

$$y^* = \sqrt{\frac{2KDE[1/(1-p)]}{h \left[1 - E[p] - 2D \left(1 - E \left[\frac{1}{(1-p)} \right] \right) / x \right]}} \quad (4.14)$$

4.3. Maddah ve Jaber (2008) Modeli

Salameh ve Jaber (2000) modelinde beklenen birim kâr değeri Denklem (4.15)'de verildiği gibi hesaplanmıştır (Maddah ve Jaber, 2008 s. 808–815).

$$E[TPU(y)] = E \left[\frac{TP(y)}{T} \right] \quad (4.15)$$

Bu denklemle elde edilen sonuç doğru değildir. Çünkü bu modelde kârın beklenen değerini hesaplariken yenileme ödül teoremi kullanılmamıştır.

Yenileme ödül teoremi için; Denklem (4.16)'daki gibi bir formülasyon oluşturulmalıdır.

$$E[TPU(y)] = \frac{E[TP(y)]}{E[T]} \quad (4.16)$$

Beklenen kâr değeri Denklem (4.17)'deki gibidir.

$$E[TP(y)] = sy(1 - E[p]) + vyE[p] - K - cy - dy - h \left(\frac{y^2 E[(1 - p)^2]}{2D} + \frac{E[p]y^2}{x} \right) \quad (4.17)$$

$$E[T] = (1 - E[p])y/D \quad (4.18)$$

$$E[TPU(y)] = \frac{[s(1 - E[p]) + vE[p] - c - d]D - \frac{KD}{y} - hy \left(\frac{E[(1 - p)^2]}{2} + E[p]D/x \right)}{1 - E[p]} \quad (4.19)$$

$E[TPU(y)]$ konkav ve enbüyük beklenen kâr için en iyi sipariş miktarı Denklem (4.20)'deki gibi elde edilir.

$$y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h(E[(1 - p)^2] - 2E[p]D/x)}} \quad (4.20)$$

$$EC(y) = \frac{1}{1 - E[p]} \left(\frac{KD}{y} + hy \left(\frac{E[(1 - p)^2]}{2} + \frac{E[p]D}{x} \right) \right) \quad (4.21)$$

Bu temelde tez çalışmasında, Ekonomik sipariş miktarı denklemi ve toplam maliyet denklemleri oluşturulmuştur. Belirsizlik ortamında kullanılan GST yaklaşımıyla, modeldeki talep tahmin değeri dışındaki parametreler aralıklı gri sayılar ile ifade edilerek modele dâhil edilmiştir. EOQ miktarı denkleminde yer alan talep değeri (D) için, belirsizlik ortamında kullanılan bazı tahmin modelleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu modeller, GST'ye ait Rolling GM (1,1) modeli ve bulanık zaman serilerinden Chen (1996), Chen (2002) modelleridir. Analiz sürecinde bu modellerin tahmin hata yüzdeleri ile klasik tahmin yöntemlerinden biri olan hareketli ortalamaların hata yüzdesi karşılaştırılmıştır ve sonuçlar sunulmuştur. Tahmin hata yüzdesi en küçük olan yöntemle talep tahmini yapılması ve toplam maliyet fonksiyonunda kullanılmasına karar verilmiştir.

4.4. Gri ile İlişkilendirilmiş Kusurlu Ürün İçeren EOQ Modeli

Çalışmada sipariş verme maliyeti (K), birim inceleme maliyeti (d), stokta tutma maliyeti (h), birim satın alma maliyeti (c) değerleri aralıklı gri sayılar olarak denkleme dâhil edilmiştir. Yıllık talep miktarı (D), tahminleme yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Kesin değeri bilinmeyen veriler aralıklı gri sayılar olarak ifade edilmiştir.

Sipariş verme maliyeti $\otimes_K \in [\underline{K}, \overline{K}]$

Birim inceleme maliyeti $\otimes_d \in [\underline{d}, \overline{d}]$

Birim stokta tutma maliyeti $\otimes_h \in [\underline{h}, \overline{h}]$

Birim satın alma maliyeti $\otimes_c \in [\underline{c}, \overline{c}]$

x değeri stoksuzluğa düşmemek için oldukça büyük bir değer olmalıdır. Stoksuzluğa düşmemesi için ayrıca Denklem (4.22)'de belirtilen koşul sağlanmalıdır.

$$p \leq 1 - \frac{Dy}{x} \quad (4.22) \quad , \quad E[p] \leq 1 - D/x \quad (4.23)$$

Eniyi sipariş miktarı aralıklı gri sayılarla Denklem (4.24)'deki gibi yeniden ifade edilmiştir.

$$y^* = \sqrt{\frac{2 \otimes_K D}{\otimes_h [E[(1-p)^2] + 2E[p]D/x]}} \quad (4.24)$$

Aralıklı gri sayılarla oluşturulan toplam maliyet fonksiyonu Denklem (4.25)'de gösterilmiştir.

$$\widehat{TC}(y) = \otimes_K + \otimes_C y + \otimes_d y + \otimes_h \left(\frac{y(1-p)T}{2} + \frac{y^2}{x} \right) \quad (4.25)$$

$$\widehat{TC}(y) = [\underline{K}, \bar{K}] + [\underline{C}, \bar{C}]y + [\underline{d}, \bar{d}]y + [\underline{h}, \bar{h}] \left(\frac{y(1-p)T}{2} + \frac{y^2}{x} \right) \quad (4.26)$$

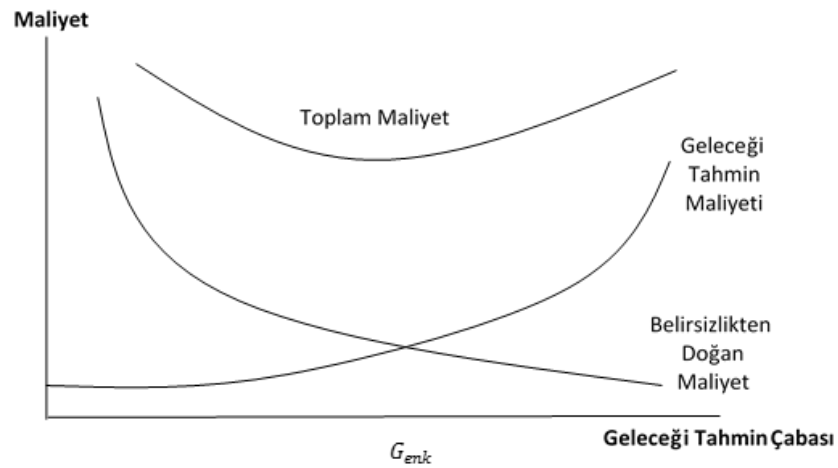
$$\begin{aligned} \widehat{TC}(y) = & \left[\underline{K} + \underline{C} y + \underline{d} y + \underline{h} \left(\frac{y(1-p)T}{2} + \frac{y^2}{x} \right), \bar{K} + \bar{C} y + \bar{d} y \right. \\ & \left. + \bar{h} \left(\frac{y(1-p)T}{2} + \frac{y^2}{x} \right) \right] \end{aligned} \quad (4.27)$$

5. GİRİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMİŞ EOQ MODELİ İÇİN TALEP TAHMİNİ

Planlama yapılırken dikkat edilmesi gereken ilk nokta, gelen siparişlere göre hareket edilmesidir. Talebin belirsiz olduğu durumlarda planlama yapmak zordur. Üretilmesi düşünülen mamul için, hammadde, yarı mamul, insan gücü, makine ve donanım tahsis edilmesi gerekmektedir. İhtiyaçların karşılanması ve planlanması için temel alınan veri talep miktarıdır (Kobu, 2006, s. 87).

Talep tahminleri, planlama faaliyetlerinde kullanılan en önemli “girdi” bilgisi ve bu sürecin ilk adımıdır. Talep tahmini yapmadan ne iyi bir plan hazırlanabilir, ne de envanter sistemlerinin risksiz ve az maliyetle çalışması sağlanabilir. Özellikle stok için üretimde, satış hedeflerini belirlemek ve buna göre üretim planlarını hazırlamak için öncelikle talep değişiminin tahmin edilmesi gerekir (Yenersoy, 2015, s. 35).

İşletmelerde karar verme pozisyonunda bulunan kişiler, gelecekle ilgili tahmine ihtiyaç duyar. Satın alma pozisyonunda bulunan karar vericiler, üretim seviyesini bilmek ister. Malzeme ihtiyaçları, girdi ve çıktı masrafları bu pozisyonda bulunan kişiler için önemlidir. Doğru zamanda doğru alımlar ve satımlar yapıldığında şirketlere ciddi faydalar ve kazançlar sağlamaktadır. Doğru tahmin yatırımları şirketlerin büyümesini, gelişmesini ve toplam maliyetini olumlu yönde etkileyecektir. Geleceği tahmin çabaları ve maliyetler eğrisi Şekil 5.1’de verilmektedir. Burada enküçük maliyetin bulunması amaçlanmaktadır (Tanyaş ve Baskak, 2015, s. 71).



Şekil 5.1. Geleceği tahmin çabaları ve maliyetler (Tanyaş ve Baskak, 2015, s. 71)

Şekil 5.1’de de görüldüğü gibi tahminleme süresinin artmasından dolayı belirsizlikler artmaktadır. Belirsizlik altında karar vermek daha zordur. Ayrıca hata yapma olasılığı da artmaktadır. Geleceğe yönelik tahmin çabasının artmasına bağlı olarak, bu maliyetlerde azalma görülmektedir. Hem geleceğin tahmin maliyetini hem de belirsizlikten doğan maliyetleri mümkün olduğunca enküçükmeye çalışmak gerekir.

5.1. Literatür Araştırması

Belirsizlikler, gri tahminleme gibi belirsizlik altında kullanılabilen yöntemlerin geliştirilmesine neden olmuştur. Bilimsel alanda gri tahmin yöntemi farklı alanlarda uygulanmaktadır. Gri tahmin yöntemi üzerine yapılan bazı akademik çalışmalar izleyen adımda verilmiştir.

Hsu ve Wen (1998) çalışmasında, hızla büyüyen Asya-Pasifikteki 10 ülke çifti arasında gerçekleştirmiştir. 10 ülke arasındaki trafik akışını ve toplam yolcu sayısını tahmin etmek için gri sistem modelinden GM (1,1) faydalanmışlardır.

Hsu (2003) çalışmasında, küresel entegre devre endüstrisindeki talep ve satışlara dayalı örneklerin tahminlenmesi için bir çalışma yapmıştır. Gri tahmin modelinin hassasiyetini incelemiştir.

Chiou vd. (2004) çalışmalarında, Tayvan donanmasına ait malzeme ekipmanlarının planlanması ve yedek parçaların stok kontrolü için bir çalışma yapmıştır. Talep miktarını belirlemek için gri tahminleme modeli kullanmışlardır.

Akay ve Atak (2007) gerçekleştirdikleri çalışmada Türkiye'nin endüstriyel elektrik tüketimi ve toplam elektrik tüketimi talebi üzerine bir çalışma yapılmış. Çalışma da yuvarlanma mekanizması yaklaşımı ile gri tahmin gerçekleştirmişlerdir.

Wang ve Hsu (2008) Tayvan'daki ileri teknoloji endüstrisinin çıktılarını ve trendlerini tahmin etmek için gri teori ve genetik algoritmaların kombine kullanımını önermişlerdir. Tayvan'ın entegre devre endüstrisinde tahmin hatalarının enküçülenmesi -ne dayanan, tahmin modelindeki parametreleri tahmin etmek bu yöntem kullanılmıştır.

Lu vd. (2009) çalışmada, 2007-2025 yılları arasında Tayvan'da motorlu araç sayısını, taşıtların enerji tüketimi ve emisyonlarının gelişim eğilimlerini yakalamak için bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, Gri Tahmin Modeli olan GM (1,1) kullanmışlardır.

Kaya ve Taşcı (2015) tarafından yapılan çalışma da bir noktanın koordinat bileşenlerinin tahmin edilmesi üzerine olmuştur. Koordinat bileşenlerini tahmini için Gri sistem teorisi modeli olan GM (1,1) modelinde faydalanılmıştır.

Boran (2015) tarafından yapılan çalışmada gelecek yıllarda Türkiye'de doğal gaz tüketimini tahmin etmek için bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada 1987–2012 yılları arasında tüketilen gaz miktarları dikkate alınarak, yuvarlanma (Rolling) GM (1,1) mekanizmalı gri tahminleme ile tahmin yapılmıştır.

Yılmaz ve Yılmaz (2013) ise Türkiye'deki gazı emisyonlarını tahmini üzerine bir çalışma yapmışlardır. Güvenilir bir yöntem olan Gri tahmin (GT) yöntemi ile 1990 – 2009 yılları arasındaki verileri kullanarak gelecek yıllar için tahminleme çalışması yapılmıştır.

Güner ve Taçyıldız (2017) tarafından yapılan çalışmada, tahmin yöntemlerinden hareketli ortalamalar yöntemi ile Rolling GM (1,1) modeli karşılaştırılmıştır. Rolling GM (1,1) modelinden elde edilen yüzde hata oranı hareketli ortalamalar yöntemine göre daha küçük bulunmuştur. Gelecekle ilgili tahminleme çalışması için Rolling GM (1,1) modelinden faydalanılmıştır. Türkiye'de 2002-2015 yılları arasında gerçekleşen kaza sayısı dikkate alınarak 2016-2020 yıllarındaki kaza sayısı tahmin çalışması yapılmıştır (Tez çalışması kapsamında bu tahmin değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılmış, sonuçlar EK-1'de sunulmuştur).

Bayramoğlu ve Öztürk (2017) çalışmalarında enflasyon oranı için tahminleme çalışması yapmışlardır. Enflasyon oranları için GM (1,1) modeli ve ARIMA yönteminden faydalanılmıştır. Çalışmalarında TÜFE ve ÜFE'ye ait 12 dönemlik verileri dikkate alarak hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma sonuçları, TÜFE için ARIMA modelinin, GM (1,1) modeline göre hata yüzdesi daha düşük bulunmuştur. ARIMA modelindeki hata % 0,5 iken GM (1,1) modelinde hata % 0,8 olarak bulunmuştur. ÜFE için elde edilen sonuçlarda ise, GM (1,1) modeli ARIMA'ya göre hata yüzdesi daha düşük olarak bulunmuştur.

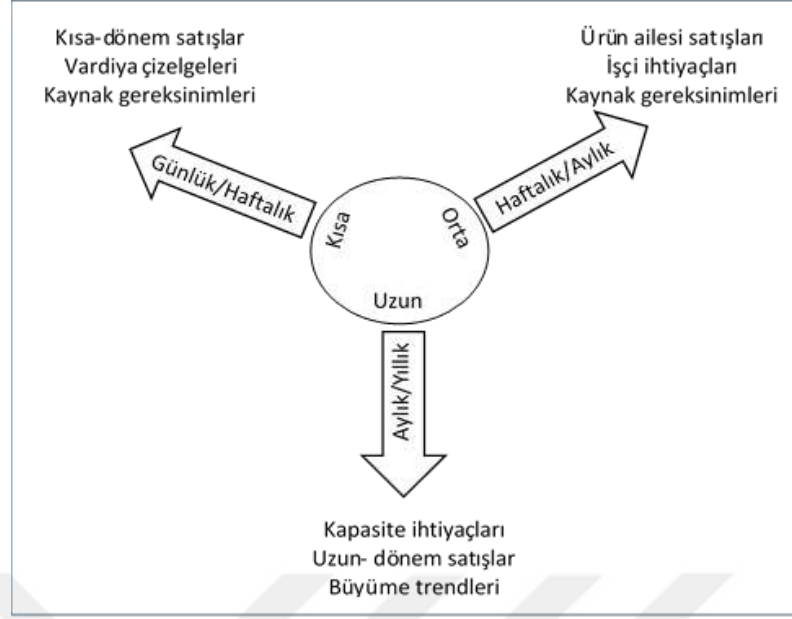
Ömürberk, vd. (2018) çalışmalarında, bankacılık sektöründe banka kârlılıklarının ileriye dönük tahminlemesi yapılmıştır. Kârlılık hesaplamaları için GM (1,1) modelinde faydalanılmıştır. Bankalar fonksiyonuna göre, mevduat ve kalkınma yatırım olarak iki farklı türe uygulanmıştır. 2013-2016 yıllarına ait veri kümesi dikkate alınmış, 2020 yılına kadar olan karlılık tahminleme çalışması yapılmıştır.

5.2. Sürelerine Göre Tahmin Yöntemleri

Tahminleme, periyot süresi, kullanım amacı, mamül türü, hesaplama şekli gibi farklı parametrelere bağlı olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflamalardan en çok faydalanılan tahmin grubu, kapsadığı süreye göre yapılandır. Tahminleme zaman aralığı büyüdükçe, sonucu belirleyen parametrelerin sayısında bir artış gözlenir. Artışla birlikte faktörler arasında oluşabilecek bağlantı sayısı da artar ve karmaşıklık yapılar oluşur. Zaman aralığındaki sürenin azalması yapılan tahmin sonucunun gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilmesine yol açar. Tahminlerin uygunluk ve güvenilirlik değerleri artar.

Talep tahmini ihtiyacı, işletmelerin bağlı bulunduğu sektör, üretim tipi, üretim araç ve ekipmanları, kullanılan hammadde ve yarı mamul girdileri, hitap ettiği tüketici grubu, bulunduğu alanda rekabet ettiği kurum ve kuruluşlar, stok tutma becerisi ve tedarik süreci ağına bağlı olarak belirlenmek durumundadır. Başka bir ifade şekli olarak talep tahmini ihtiyacı, tüketiciden gelen istek noktasından başlayarak, talebin talep noktasına ulaşana kadar ki sürenin tamamı olarak düşünülebilir. Taleplere hızlı cevap verebilme yeteneği iyi olan işletmeler çoğu zaman avantaj sahibidir. Müşteri kaybı yaşanmaması adına elde stok bulundurmaya tercih eden işletmeler talep tahminlemenin önemini daha iyi anlamaktadır. İşletmelerde karma hatların bulunmaması, aynı anda birden fazla ürün yapılamaması talebin karşılanmasını geciktirmektedir (Kobu, 1998, s. 80-81).

Çeşitli boyutlarda tahmin problemlerini sınıflandırabiliriz. Bu boyutlardan birisi zamandır. Planlama periyoduna göre tahminler Şekil 5.2’de verilmektedir. Planlama periyodu şematik olarak gösterilmiştir (Nahmias, 1982, s.56).



Şekil 5.2. Planlama periyoduna göre tahmin (Nahmias, 1982, s.56)

Kısa-dönem tahminleme günden güne planlama için önemlidir. Kısa dönem tahminleme, genel olarak günlük ve haftalık hesaplanan, stok yönetimi, üretim planlama için gereklidir.

Orta-dönem (vadeli) tahminleme haftalık ve aylık hesaplanır. Ürün aileleri için satış modelleri, gerekli ve mevcut çalışan ve kaynak gereksinimleri genellikle orta vadeli tahminleme problemleridir.

Uzun-dönem üretim ve imalat kararları firmanın genel üretim stratejisinin bir parçasıdır. Uzun-dönem kapasite ihtiyacının planlaması bir örnek olarak verilebilir.

5.3. Tahmin Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Yapılacak bir araştırma sonucunun güvenilirliği, kullanılan yöntemden önce araştırma için kullanılacak verinin doğru bir girdi olmasına bağlıdır. Doğru olmayan veriyle doğru sonuca gitmek zordur. Doğru olmayan veriyi yanlış yöntemle kullanıp sonuca gitmeye çalışmak zaman kaybıdır. Talep araştırmalarında kullanılan yöntemin belirlenmesi toplanan bilgilerin ne derece önemli olduğu belli sınıflandırmalar sonucu anlaşılabilir (Kobu, 1998, s.82-83). Tahmin yöntemlerinin başlıca sınıflandırması izleyen başlıklarda incelenmiştir.

5.3.1. Niteliksel (kalitatif)

Geçmiş verilerin olmadığı, güvenilecek sayıda sonuca etki edecek bilgi olmadığı ya da daha çok kişiye ait görüşlerin dikkate alınarak uygulandığı bir durumda kullanılır. Pazar araştırmaları, rakip firmaların incelenmesi, müşteri görüşleri, müşteri panelleri ile öznel düşüncelerin toplanması ve değerlendirilmesi, uzman görüşlerinin alınması, tartışma toplantılarının yapılması, benzeşimlerden (analoji) yararlanılması, Delphi Yönteminin kullanılması, bu durumlarda uygulanabilen yaklaşımlardır (Tanyaş ve Baskak, 2015, s. 79). Elde hiç veri olmadığı zamanlarda ya da yeteri kadar veri olmadığı durumlarda deneyimlere ve sezgilere bağlı olarak yapılan tahminleme yöntemidir.

5.3.2. Niceliksel (kantitatif)

Nitel metotların aksine nicel metotlar farklı süre zarflarında meydana gelen geçmiş veri kümelerini matematiksel eşitsizliklerle yorumlar. Bir diğer ifade ile daha önce gerçekleşmiş veri setleri ile bir denklem kurma yoluna gider. Bu denkleme uygun bir matematiksel model kurulur. Yapılacak tahmin çalışması için bu tahmin denklemine başvurulur. Gerçeğe yakın tahminlerde bulunmak oldukça önemlidir. Tahmin problemine yönelik bu nicel yaklaşım, belirlenen şablonun gelecekte de geçerli olacağı varsayımına dayanır (Aksoy, 2008, s. 19).

Elde geçmiş veri bulunduğu zamanlarda ya da matematiksel teknikler gerektiğinde niceliksel yöntemlerden faydalanılmaktadır. Niceliksel yöntemler niteliksel yöntemlerin aksine istatistiksel verilere dayanarak yapılan tahminlerdir. Nicel yöntemler zaman serileri modelleri ve nedensel modeller olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır.

5.3.2.1. Nedensel modeller

Nedensel modeller; talebin derecesini etkileyen modellerin incelenmesi ve bu nedenler ile talep arasındaki etkileşim yapısının modellenmesidir. Simülasyon, çoklu regresyon ve korelasyon bu amaçla kullanılan araçların bazılarıdır (Yenersoy, 2015, s. 37).

5.3.2.2. Zaman serileri analizi

Zaman serileri analizi, geçmişte talep değişimlerinde yaşanan süreç yapısının, gelecekte de aynı şekilde süreceği varsayımında bulunur. Bu yaklaşımla geleceği geçmişin bir uzantısı olarak tahmin eder (Tanyaş ve Baskak, 2015, s. 79).

Zaman serisi analizinde, belirlenen periyotlarda elde edilen talep bilgileri ile bir kritere göre talep doğrusu oluşturulur. Oluşturulan bu doğrunun belirgin bir değişim gösterip göstermediği kontrol edilir. Kontrol sonrasında, talebe ilişkin dağılım şekli belirlenir. Talebin bir eğilim gösterip göstermediği, mevsimsel etkilerin altında olup olmadığı veya bunlardan bir kaçını birlikte içeren bir dağılıma sahip olup olmadığı gözlenebilir (Karahana, 2011, s. 48). Trend analizi, üssel düzeltme, Box-Jenkins ve hareketli ortalamalar yöntemi zaman serisi analizlerinde en çok bilinen ve kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir.

Trend analizi

Uzun dönemde talep verilerinde, yıllara göre artan ya da azalan eğilim gözlemlendiğinde, talep tahmininde trend analizi uygun bir teknik olarak düşünülebilir. Trend analiziyle tahmin oluşturma süreci, regresyon yöntemi ile büyük benzerlik taşır. Aralarındaki tek fark, regresyonda herhangi bir değişkenin bağımsız değişken olarak kabul edilmesine karşılık, trend analizinde talebin yıllara göre değişkenlik gösterdiğinin varsayılması, yani tahminin oluşturulmasında, bağımsız değişken olarak zaman (yıllar) kullanılmasıdır (Üreten, 2005 s. 144).

Hareketli ortalamalar yöntemi

Hareketli ortalama yönteminde yeni veriler geldikçe eski veriler denklemden çıkarılarak devam edilir. Belirlenen geçmiş veri kümesinden her defasından belirli sayıdaki gerçekleşen verilerin ortalaması alınarak hesaplamalar yapılır. Elde edilen her bir veri bir sonraki periyot için tahmin verisi görevi üstlenir. Tepki hızı, hareketli ortalama için belirlenen periyot sayısı ve her periyoda verilen katsayı ile analiz edilir (Üreten, 2015, s. 146-147).

Üssel düzeltme yöntemi

Üssel düzeltme yöntemi, basit hareketli ortalamalar yöntemine benzemektedir. Bu yöntemden farkı geçmiş dönem verilerinde eşit ağırlıklandırma yerine farklı ağırlıklandırmalar kullanıldığı yöntemler kümesidir. Mevcut zamandan uzaklaştıkça kullanılan eski verilere verilen ağırlıkların da üstel olarak azalması gibi bir durum söz konusudur. Diğer bir ifade ile ağırlıkların geçmiş verilere doğru üstel olarak bir azalışı söz konusudur. Bu yöntemin düşük maliyetle, kolay uygulanabilmesi, tercih edilme sebebidir (Çağlar, 2007, s. 37).

Bu yöntemde bir düzeltme katsayı kullanılmaktadır. Bu katsayı 0 ve 1 arasında bir değer olarak değişebilmektedir. Düzeltme katsayısı tahmin için gerekli veri sayının azaltılmasında önemlidir. Hareketli ortalamalar yönteminden farklı olarak birden fazla dönem verisine ihtiyaç duyulmamaktadır. Tahmin yapılacak dönem için, sadece bir önceki dönemin gerçekleşen ve tahmini talep rakamlarının elde bulunması yeterli olmaktadır (Üreten, 2015, s. 150).

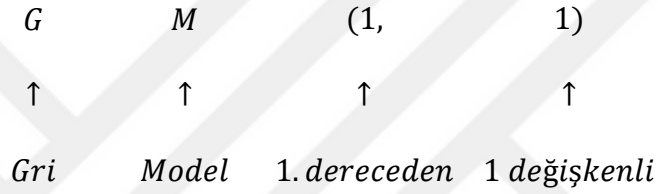
Box-Jenkins yöntemi

Box-Jenkins metodu tek değişkenli bir modeldir. Kısa dönem tahmininde oldukça başarılı olan bu metodun uygulandığı serinin, eşit zaman aralıklarıyla elde edilen gözlem değerlerinden oluşan kesikli ve durağan bir seri olması bu metodun önemli bir varsayımıdır. Tekniğin amacı en az sayıda parametre içeren uygun modeller elde etmektir. Box-Jenkins'ten önce kullanılmakta olan Hareketli Ortalama ve Üstel Düzleştirme Tekniklerinde tahmin değerleri, otomatik olarak bilgisayar programına müdahale edilmeden elde edilir. Bu yönden Box- Jenkins tekniği tamamıyla otomatik değildir ve diğer tekniklere nazaran oldukça karışık ve anlaşılması güçtür. Box-Jenkins tekniği incelenen serilerin durağan olup olmamasına, mevsimsellik etki içerip içermemesine göre farklı şekillerde tahmin modelleri geliştirmeye uygun bir yapıdadır (Çağlar, 2017, s. 46).

5.4. GM (1,1) Modeli

GST'nin yöneldiği temel konulardan bir tanesi, sosyal, ekonomik, ekolojik vb. sistemlerin davranışsal verilerine dayalı faktörler arasında matematiksel bir ilişki aramasıdır. GM (1,1) modeli yaygın bir şekilde GST'nin pratik uygulamalarında, çeşitli alanlarda uygulanmıştır (Liu ve Lin, 2006, s. 57).

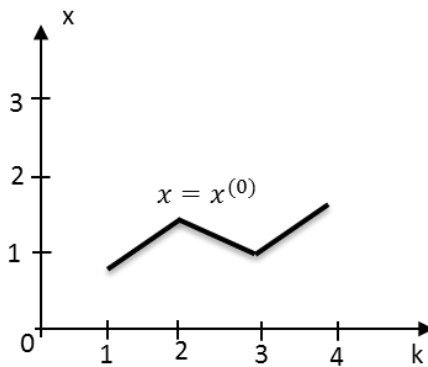
Tek değişkene sahip birinci dereceden türevlenebilir eşitliklerin yer aldığı GM (1,1) gri modelini ifade eden matematiksel işlem adımları izleyen adımlarda açıklanmıştır (Liu ve Lin, 2006, s. 197-205).



Adım-1

Başlangıç veri seti kullanılarak, $x^{(0)}$ orijinal veri seti oluşturulur. Başlangıç veri dizisi grafiği Şekil 5.3'de verilmektedir.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)) \quad (5.1)$$



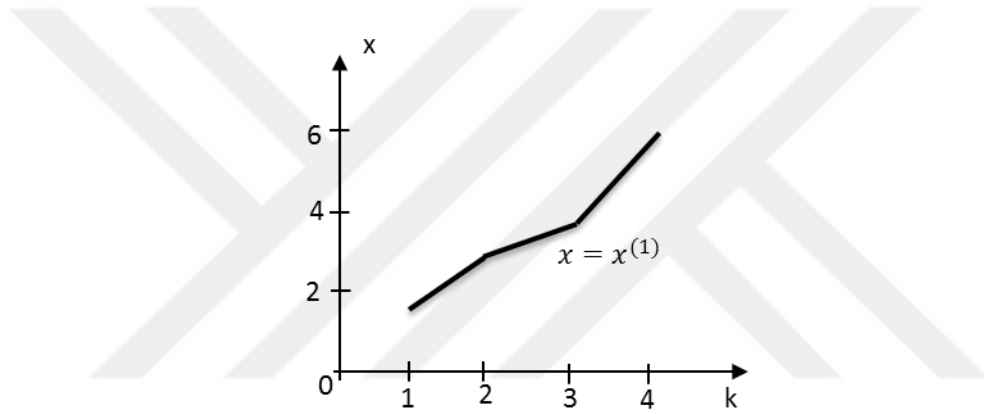
Şekil 5.3. $x^{(0)}$ başlangıç veri dizisi grafiği (Liu ve Lin, 2006, s.58)

Adım-2

$x^{(0)}$ serisi monoton olarak artan $x^{(1)}$ serisine dönüştürülür. $x^{(1)}$ serisi Denklem (5.2)'de belirtildiği gibi elde edilir. Birikimli $x^{(1)}$ dizisi grafiği Şekil 5.4'de verilmektedir.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(n)) \quad (5.2)$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k (x^{(0)}(i)) \quad , \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5.3)$$



Şekil 5.4. Birikimli $x^{(1)}$ dizisi grafiği (Liu ve Lin, 2006, s. 59)

Adım-3

GM (1,1) modelini biçimlendirmek ve katsayıları bulmak amacıyla birinci dereceden gri diferansiyel denklemi oluşturulur.

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad (k = 2, \dots, n) \quad (5.4)$$

$$z^{(1)}(k) = \alpha x^{(1)}(k) + (1 - \alpha)x^{(1)}(k - 1) \quad (5.5)$$

$$z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)) \quad (5.6)$$

Eşit ağırlıklı durulaştırma yöntemi kullanıldığından α değeri 0,5 alınmıştır.

$$z^{(1)}(k) = 1/2x^{(1)}(k) + 1/2x^{(1)}(k - 1) \quad (5.7)$$

Adım-4

Eşitlikte yer alan gelişme katsayısı (a) ve sürücü katsayısı (b) parametre değerleri tahmin edilir.

Parametre değerlerini en küçük kareler yöntemi ile tahmin etmek için $x^{(0)}(k) + aZ^{(1)}(k) = b$ eşitliği veri setindeki tüm değerler yeniden kullanılarak yazılır.

a, B ve Y değerlerinin matris gösterimindeki karşılıkları aşağıda gösterilmiştir.

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (5.8) \quad Y = \begin{bmatrix} -x^{(0)}(2) \\ -x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ -x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (5.9) \quad \hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (5.10)$$

GM (1,1)'in parametre değerlerine karşılık gelen $\hat{a}$ vektörünü elde edebilmek için sırasıyla tanımlanan matris işlemleri gerçekleştirilmelidir.

$$Y = B\hat{a} \quad (5.11)$$

$$B^T Y = B^T B \hat{a} \quad (5.12)$$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (5.13)$$

Adım-5

$\frac{dx^{(1)}(k)}{dk} + ax^{(1)}(k) = b$ şeklinde gösterilen birinci dereceden türevlenebilir eşitliğin çözülmesi ve a ile b parametrelerinin tahmin edilen değerleri kullanılarak (k+1) deki tahmin denklemi elde edilir.

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1)\right) e^{-ak} + \frac{b}{a} (1 - e^{-ak}) \quad (5.14)$$

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (5.15)$$

Başlangıç değer şartı $x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$ alınarak $\hat{x}^{(1)}(k+1)$ üzerinden tersine kümülatif operatör kullanılarak $\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1)$ elde edilir.

Adım-6

Gri tahmin (GT) modelinin elde edilmesi Denklem (5.16)'da verilmektedir.

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = (1 - e^a)[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}]e^{-ak} \quad (5.16)$$

Yuvarlanma-GM (1,1) modeline ait doğruluk ve hata oranının belirlemek için yapılan iki hesaplama şekli belirlenmiştir. Mevcut veri setine ait bir k elemanı için tahmin hatası ve hata oranı önerilmiştir (Deng, 1986; alıntıl原因 Köse, 2010, s.35).

$$\varepsilon^{(0)}(k) = X^{(0)}(k) - \hat{X}^{(0)}(k), k = 1, 2, \dots, n \quad (5.17)$$

$$\delta^{(0)}(k) = \left(\frac{X^{(0)}(k) - \hat{X}^{(0)}(k)}{X^{(0)}(k)} \right) \times 100\%, \quad k = 2, 3, \dots, n \quad (5.18)$$

Tahmin hatası $\varepsilon^{(0)}(k)$ ve hata oranı $\delta^{(0)}(k)$ şeklinde ifade edilmektedir.

Tahmin modelinin doğruluğu Denklem (5.19)'da tanımlanan p parametresi ile belirlenir.

$$p = \frac{\sum_{k=2}^n (1 - |\delta^{(0)}(k)|)}{n - 1} \quad (5.19)$$

Tahmin edilen verinin hata ortalaması ve hata kareleri ortalaması sırasıyla ξ ve S_1 simgeleriyle gösterilir.

$$\xi = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n \varepsilon^{(0)}(k)}{n}} \quad (5.20)$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (\varepsilon^{(0)}(k) - \xi)^2}{n}} \quad (5.21)$$

Gözlemlenen verinin ortalaması ve hata kareleri ortalaması sırasıyla m ve S_2 simgeleriyle gösterilir.

$$m = \frac{\sum_{k=1}^n X^{(0)}(k)}{n} \quad (5.22)$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (X^0(k) - m)^2}{n}} \quad (5.23)$$

Tahmin modelinin hata oranını veren parametre değeri C ile gösterilir ve Denklem (5.24)'de belirtilen formül yardımıyla hesaplanır.

$$C = \frac{S_1}{S_2} \quad (5.24)$$

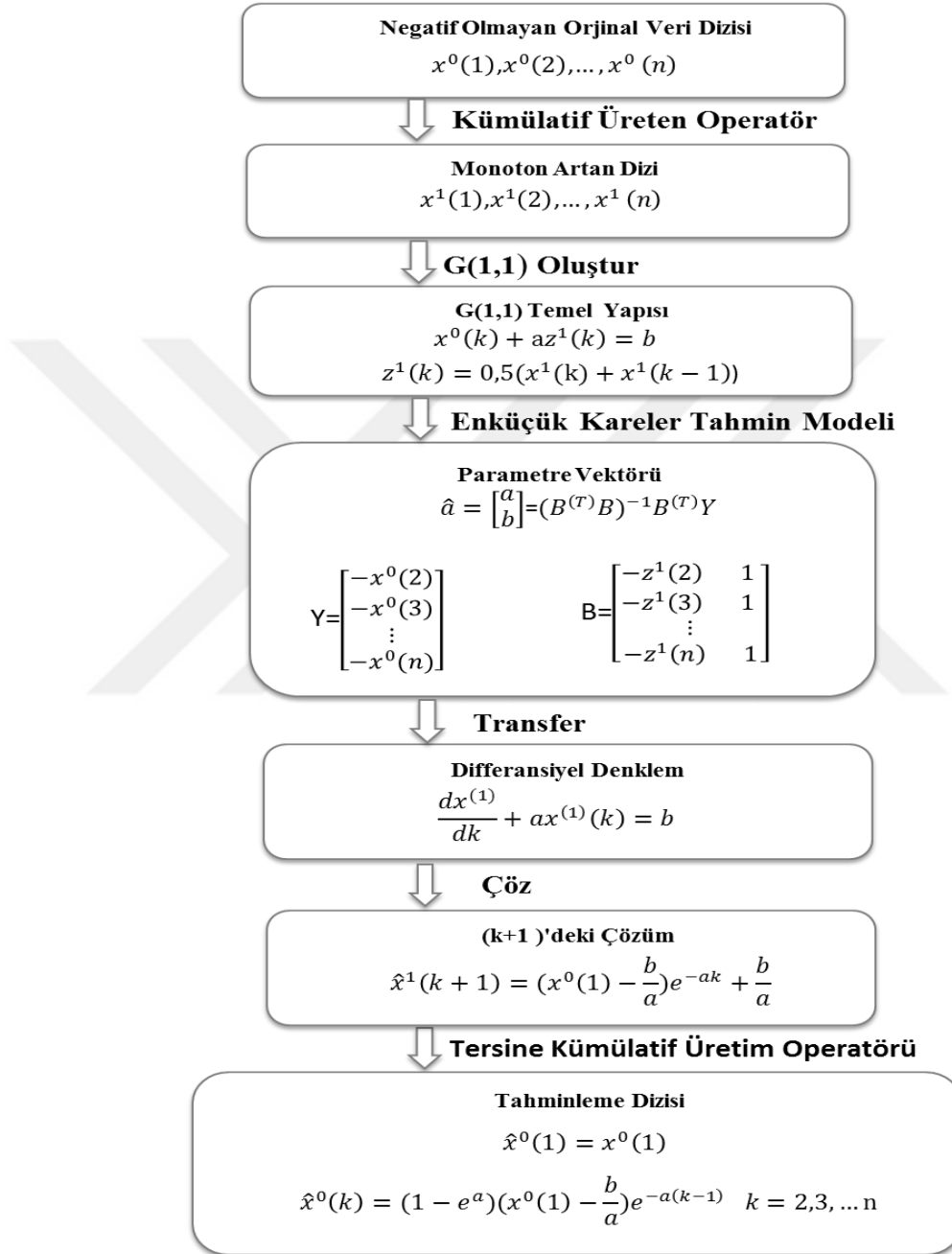
Modelin uygunluk kontrolünde hata oranlarına bakılmaktadır. Hata oranlarının düşük çıkması tahmin edilen değerlerin mevcut değerlere yakın değerler olarak bulunduğu bir göstergesidir. Hata oranı ne kadar küçük olursa modelin uygunluğu bir o kadar iyi demektir. Modelin doğruluğunu ifade eden p ve hata oranını ifade eden C parametrelerinin aldıkları değere göre tahmin modelleri sınıflandırılır (Köse, 2010. s. 35-37).

Tahmin modellerinin doğruluk sınıflandırılması Tablo 5.1'de verilmektedir.

Tablo 5.1. Tahmin modellerinin doğruluk sınıflandırması (Deng, 1986; alıntıl原因 Köse, 2010, s.37)

SINIFLANDIRMA	PARAMETRELER	
	P	C
İYİ	>0.95	<0.35
YETERLİ	>0.8	<0.5
SINIRDA	>0.7	<0.65
YETERSİZ	<= 0.7	>=0.65

GM (1,1) modeli ve adımlarının daha kolay anlaşılabilmesi için işlem adımları oluşturulmuştur. GM (1, 1) Modelinin genel yapısı Şekil 5.5’de verilmektedir.



Şekil 5.5. GM (1, 1) Modelinin genel yapısı (Zhao ve Guo, 2016)

5.5. Rolling GM (1,1) Modeli

GM (1,1) modeli, verilerdeki detaylı dalgalanmayı dikkate almadığından tahmin değerleri bazen daha az doğru olabilmektedir. Veri elde etme süreci için alternatif bir yaklaşım olan Yuvarlanma-GM (1,1) modeli kullanılabilir. Daha iyi tahmin yapmak için geçmişe yönelik verilerden en az dördüne ihtiyaç duyulur (Güner, Taçyıldız, 2017, s. 59-71).

Bir tahmin çalışmasında her yeni ardışık tahmin değerini bulmak için tahmin modeli yeniden oluşturulur, dizi de geçmiş gözlemleri ileriye doğru verilerle yeniden düzenlemek kritik bir adımdır. Yeni bir veri girişi olduğu zaman, eski veri model dizisindeki veri sayısını korumak ve yeni bir sayısal dizi oluşturmak için güncellenmelidir (Yin ve Tang, 2013, s. 357–365)

Bir sistemin gelişim süreci tahmin edilirken yeni bilgi sürekli ikmal edilmelidir. Eski bilgilerin etkisi, sistem modelleme dizisinin mevcut özelliklere daha iyi cevap vermesi için aşamalı bir şekilde azaltılmalıdır. Bu şekilde, eski değerlerin birikimini önlemek amaçlanmaktadır. Model yapısı için son veriler benimsenmektedir. Yuvarlanma-GM (1,1) modeli, geleneksel GM (1,1) modelini iyileştirmek için ortaya çıkmıştır. GM (1,1) ve Yuvarlanma-GM (1,1) modeli arasındaki temel fark, Yuvarlanma-GM (1,1) modelinin eski bilgiyi atıp son verileri dikkate almasıdır. Örneğin, orijinal veri setinin Denklem (5.25)'deki gibi varsayalım (Hsu, 2011, s. 13879–13885).

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(k)) \quad (5.25)$$

Yeni bir bilgi $\hat{x}^{(0)}(k+1)$ eklendikten sonra eski bilgi, $x^{(0)}(1)$ çıkarılır. Yeni bir dizi oluşturulur.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), x^{(0)}(4), \dots, x^{(0)}(k+1)) \quad (5.26)$$

GM (1,1) tahmin süreci uygulanır ve $\hat{x}^{(0)}(k+2)$ 'nin tahmin değeri elde edilir. Bu şekilde işleyen model Yuvarlanma-GM (1,1) modeli olarak adlandırılır.

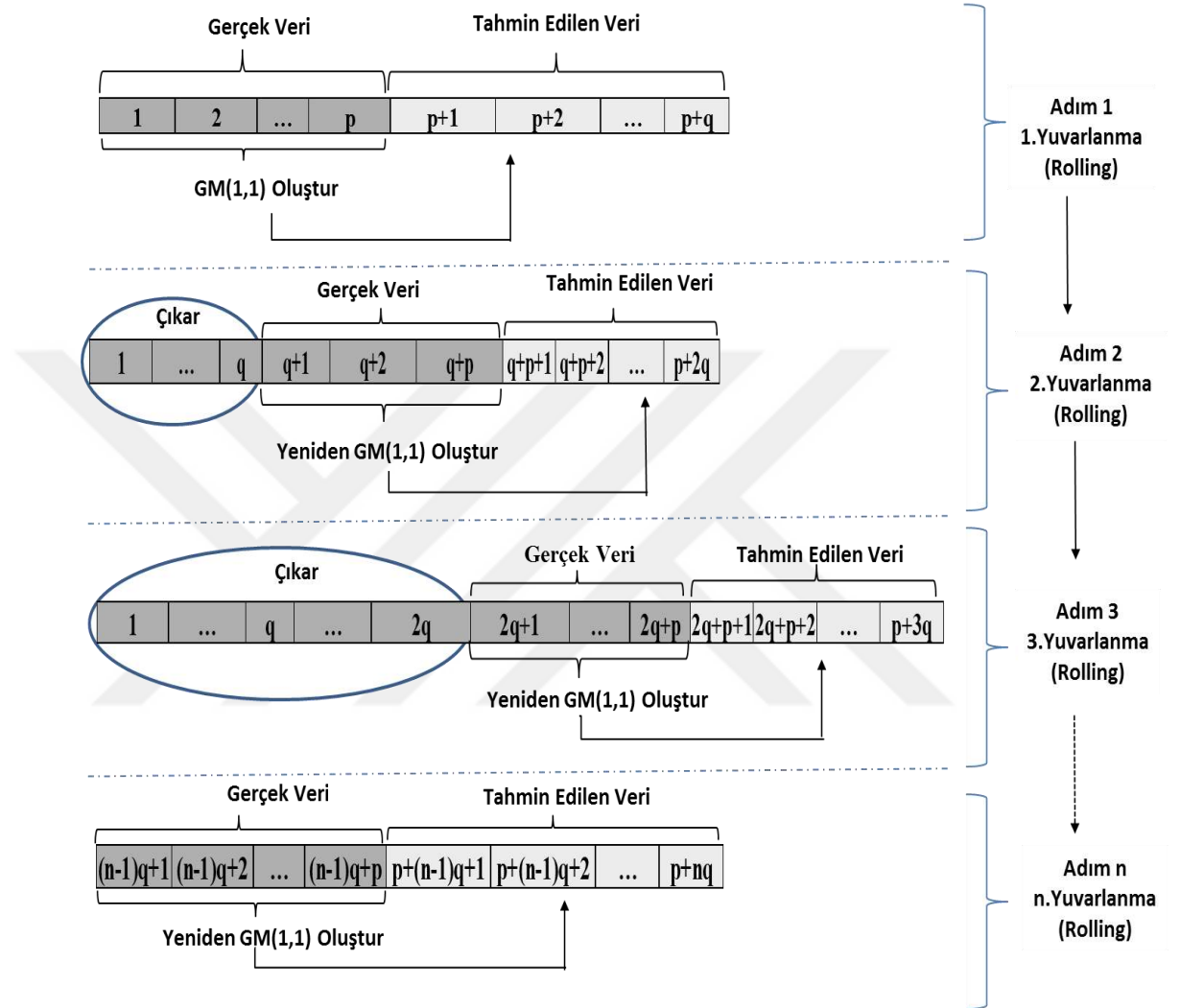
GM (1,1) modelinde, bütün veriler tahminleme de kullanılır. Gri tahmin yuvarlanma modelinde, $k < n$ olduğu sürece tahminleme yapılır. $k = l, l+1, \dots, n-1$ olduğu zaman anlık $k+1$ için GM (1,1) yüzde hata ortalamasının mutlak değeri Denklem (5.27) kullanılarak hesaplanır (Yılmaz ve Yılmaz, 2013, s. 141-148).

$$e(k+1) = \left| \frac{X^{(0)}(k+1) - \hat{X}^{(0)}(k+1)}{X^{(0)}(k+1)} \right| \times 100\% \quad (5.27)$$

$k+1 \leq n$ koşulu ile GM (1,1)'in ortalama yuvarlanma hatası ise Denklem (5.28) aracılığı ile hesaplanır.

$$e = \frac{1}{n-l} \sum_{k=l}^{n-1} e(k+1) \times 100\% \quad (5.28)$$

Yuvarlanma-GM (1,1) tahmin modeline ait işlem adımları belirlenmiştir. Yuvarlanma-GM (1,1) modelinin işlem adımları Şekil 5.6'de görülmektedir.



Şekil 5.6. Yuvarlanma-GM (1,1) modelinin işlem adımları (Zhao ve Guo, 2016)

5.6. Bulanık Zaman Serileri (Chen 1996, Chen 2002)

Bulanık zaman serisi tanımı ilk olarak, Song ve Chissom tarafından yapılmıştır. Bazı temel bulanık zaman serisi tanımları izleyen adımlarda verilmektedir. (Song ve Chissom, 1993a, s. 1-9).

$U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_b\}$ evrensel küme ve evrensel kümenin belirlenen bir sabit aralık uzunluğuna göre parçalanması ile elde edilen u_i 'ler alt aralıklar ve b alt aralık sayısı olmak üzere bulanık kümeler,

$$A_i = \frac{f_{Ai}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{Ai}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{Ai}(u_b)}{u_b} \quad (5.29)$$

şeklinde tanımlanır. Burada, f_{Ai} , A_i bulanık kümesinin üyelik fonksiyonunu gösterir ve $f_{Ai}: U \rightarrow [0,1]$ olacaktır. $f_{Ai}(u_a)$ ise u_a alt aralığının A_i bulanık kümesine ait olmasının üyelik derecesidir ve $1 \leq a \leq b$ olmak üzere $f_{Ai}(u_a) \in [0,1]$ olacaktır.

Tanım 1. $Y(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$) reel değerli zaman serisine uygun evrensel küme tanımı belirlenip, alt aralıkların da oluşturulmasından sonra elde edilen A_i bulanık kümelerinden yeni bir zaman serisi oluşturulur. Bu bulanık zaman serisi $F(t)$ olarak adlandırılır.

Tanım 2. “*” herhangi bir operatörü ve R bulanık ilişki matrisini göstermek üzere, eğer $F(t)$ bulanık zaman serisi yalnızca $F(t-1)$ bulanık zaman serisini dikkate alıyorsa, $F(t)$ ve $F(t-1)$ bulanık zaman serisi arasındaki bulanık ilişki,

$$F(t) = F(t-1) * R(t, t-1) \quad (5.30)$$

Denklem (5.30)'daki gibi ifade edilir ve 1. seviyeden bulanık zaman serisi modeli olarak adlandırılır. Bu ilişki Song ve Chissom tarafından tanımlanmıştır. (Song vd. , 1993) .

$$F(t) \rightarrow F(t-1) \quad (5.31)$$

Sonuç olarak $F(t-1) = A_i$ ve $F(t) = A_j$ olduğunda $F(t)$ ile $F(t-1)$ bulanık zaman serisi arasındaki bulanık ilişkinin ifade şekli Denklem (5.32)'de belirtildiği gibidir.

$$A_i \rightarrow A_j \quad (5.32)$$

Tanım 3. $F(t)$ bulanık zaman serisi olsun. Eğer $F(t), F(t - 1), F(t - 2), \dots, F(t - n)$ gecikmeli bulanık zaman serilerinden etkileniyor ise bulanık mantık ilişki Denklem (5.33)'deki gibi ifade edilebilir ve n' 'nci dereceden bulanık zaman serisi öngörü modeli olarak adlandırılır.

$$F(t - n), \dots, F(t - 2), F(t - 1) \rightarrow F(t) \quad (5.33)$$

Chen (1996) ve Chen (2002) modellerinde geçerli adımlar şu şekildedir;

ADIM 1: Evrensel küme ve alt aralıklar tanımlanır. Veri setindeki en büyük ve en küçük değer sırasıyla D_{min} ve D_{max} ayrıca D_1 ve D_2 keyfi pozitif sayı olmak üzere evrensel küme belirlenir.

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \quad (5.34)$$

Zaman serisinin mutlak ilk farklarına bağlı olarak çözümlemesi yapılan yöntemler subjektif olarak belirlenmektedir.

ADIM 2: Evrensel küme ve parçalanmalara bağlı olarak bulanık kümeler tanımlanır.

$$A_j = a_{j1}/u_1 + a_{j2}/u_2 + \dots + a_{jb}/u_b \quad (5.35)$$

$$a_{jk} = \begin{cases} 1 & , k = j \\ 0,5 & , k = j - 1, j + 1, \quad j = 1, \dots, b \\ 0 & , \text{aksi halde} \end{cases} \quad (5.36)$$

ADIM 3: Veriler bulanıklaştırılır. Mevcut verilerin içinde bulunduğu aralık belirlenir. Verilerin içinde bulunduğu aralıklar en yüksek üyelik derecesine sahip bulanık kümeler ile eşleştirilir. Verilere ait zaman serisi bulanıklaştırılır.

$$\begin{aligned} A_1 &= a_{11}/u_1 + a_{12}/u_2 + \dots + a_{1m}/u_m \\ A_2 &= a_{21}/u_1 + a_{22}/u_2 + \dots + a_{2m}/u_m \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ A_k &= a_{k1}/u_1 + a_{k2}/u_2 + \dots + a_{km}/u_m \end{aligned} \quad (5.37)$$

ADIM 4: Bulanık ilişkiler belirlenir. Birinci dereceden bulanık zaman serisi öngörü modelinde, bulanık ilişkiler $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_3$ şeklinde iken, bulanık mantık grup ilişki $A_1 \rightarrow A_2, A_3, A_1$ şeklindedir (Chen, 1996, s. 311-319).

Yüksek dereceli bulanık zaman serisi öngörü modelinde bulanık mantık ilişki ve grup ilişkiler sırasıyla verilmektedir (Chen, 2002, s. 1-16).

$$\begin{array}{ccc} A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} & \rightarrow & A_{j1} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} & \rightarrow & A_{jp} \end{array} \quad (5.38)$$

$$A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp} \quad (5.39)$$

ADIM 5: Bulanık öngörüler elde edilir. Chen (1996) birinci derece modelinde üç farklı durum söz konusudur;

Durum-1. Bulanık grup ilişki tablosundan sadece $A_i \rightarrow A_j$ ilişkisi var ise bulanık öngörü A_j 'dir.

Durum-2. Bulanık grup ilişki tablosunda $A_i \rightarrow A_i, A_j, \dots, A_k$ ise bulanık öngörü $A_i, A_j, \dots, A_k$ 'dır

Durum-3. Bulanık grup ilişki tablosunda $A_i \rightarrow Boş$ ise bulanık öngörü A_i 'dir.

Chen (2002) yüksek dereceden modellerinde de üç durum vardır.

Durum -1. N 'nci dereceden bulanık mantık grup ilişki tablosunda, $A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow A_j$ ilişkisi var ise bulanık öngörü A_j 'dir.

Durum-2. N 'nci dereceden bulanık mantık grup ilişki, $A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp}$ ise bulanık öngörü $A_{j1}, \dots, A_{jp}$ olur.

Durum-3. N 'nci dereceden bulanık mantık grup ilişki tablosunda, $A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1} \rightarrow Boş$ ilişkisi mevcut ise reel öngörü, $A_{in}, A_{i(n-1)}, \dots, A_{i1}$ bulanık kümelerine bağlı olarak, $u_{in}, u_{i(n-1)}, \dots, u_{i1}$ aralıklarının orta noktaları, $m_{in}, m_{i(n-1)}, \dots, m_{i1}$ olmak üzere,

$$\frac{1 \times m_{in} + 2 \times m_{i(n-1)} + \dots + n \times m_{i1}}{1 + 2 + \dots + n} \quad (5.40)$$

ADIM 6: Durulaştırma.

Merkezileştirme yöntemi kullanılır. Bulanık öngörü A_j ise, durulaştırılmış öngörü, A_j bulanık kümesinde en yüksek üyelik değerine sahip u_j aralığının orta noktası olacaktır. Bulanık öngörü $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp}$ ise duru öngörü bu bulanık kümelerde en yüksek üyelik değerine sahip aralıkların orta noktalarının ortalaması olacaktır.



5.7. Tahmin Modellerinin Karşılaştırılması ve Uygun Yöntemin Seçilmesi

İşletmeler devamlılıklarını sürdürebilmek ve rekabet ortamında güçlü kalabilmek için doğru kararlar almalıdır. Özellikle gelecek planlaması işletmeler için çok önemli bir konu haline gelmiştir. Gelecek planlamasının ana girdilerinden biri talep miktarıdır. Talep tahmini yapmak işletmelerin ihtiyaçlarını doğru belirlemek için başvurdukları bir yoldur. Talep tahmini için ciddi maliyetlere katlanılmakta ve bunun için birçok çalışma yapılmaktadır. Talep tahmini için akademik anlamda birçok çalışma ve metot bulunmaktadır.

Tez kapsamında talep tahmini için belirsizlik ortamında kullanılan Chen (1996), Chen (2002), Rolling GM (1,1) modelleri ve klasik yöntemlerden hareketli ortalamalar yöntemi analiz edilmiştir. Belirsizlik ortamında kullanılan bu dört yöntemin analiz edilme nedeni, toplam maliyet fonksiyonunda kullanacağımız talep değerindeki hata oranını enküçüklemeyi amaçladığımız içindir.

Tahmin yöntemleri, farklı alanlardan elde edilmiş geçmiş veriler üzerinde uygulanmış, hata yüzdeleri hesaplanmıştır. En küçük hata yüzdesine sahip tahmin modeli talep (D) tahmininde kullanılmıştır.

Tahmin modelleriyle yapılan tahmin çalışmaları ve hata yüzdeleri, Tablo 5.2, Tablo 5.3 ve Tablo 5.4’de görülmektedir. İlave tahmin testleri de EK-2, EK-3 ve EK-4’de sunulmuştur.

Yapılan Tahmin analizleri sonucunda, Gri ile ilişkilendirilmiş EOQ modelinde ve toplam maliyet fonksiyonunda yer alan talep değerini tahmin için en küçük tahmin hata yüzdesine sahip Chen (2002) modelinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Türkiye’deki 2002-2018 yılları arasında gerçekleşen trafik kazası verilerine uygulanan tahmin modelleri sonuçları Tablo 5.2’de verilmektedir.

Tablo 5.2. Trafik kazası verilerine uygulanan tahmin modelleri karşılaştırmalı sonuçları (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2018-30640>)

YIL	YARALI SAYISI	HAREKETLİ ORTALAMA		ROLLING GM (1,1)		CHEN (1996)		CHEN (2002)	
2002	116 412	n=5	Hata %	k=5	Hata %	n=1	Hata %	n=5	Hata %
2003	118 214					130 000	10		
2004	136 437					130 000	5		
2005	154 086					140 000	9		
2006	169 080					150 000	11		
2007	189 057	138 846	26,6	191 659	1,4	170 000	10	190 000	0,5
2008	184 468	153 375	16,9	209 986	13,8	190 000	3	180 000	2,4
2009	201 380	166 626	17,3	202 999	0,8	180 000	11	200 000	0,7
2010	211 496	179 614	15,1	210 108	0,7	200 000	05	210 000	0,7
2011	238 074	191 096	19,7	218 865	8,1	210 000	12	240 000	0,8
2012	268 079	204 895	23,6	255 424	4,7	240 000	10	270 000	0,7
2013	274 829	220 699	19,7	292 945	6,6	280 000	02	270 000	1,8
2014	285 059	238 772	16,2	306 872	7,7	280 000	02	290 000	1,7
2015	304 421	255 507	16,1	304 842	0,1	290 000	05	300 000	1,5
2016	303 812	274 092	9,8	314 410	3,5	305 000	00	300 000	1,3
2017	300 383	287 240	4,4	319 336	6,3	305 000	02	300 000	0,1
2018	307 071	293 701	4,4	309 751	0,9	305 000	01	310 000	1,0
ORT.		15,81		4,54		6,09		1,09	

Tahmin modelleri sınamasında sıkça kullanılan Alabama Üniversitesi 1971-1992 yıllarında kayıt yaptıran öğrenci sayısı verilerine uygulanan tahmin modelleri sonuçları Tablo 5.3’de verilmektedir.

Tablo 5.3. Alabama Üniversitesi öğrenci sayısı verilerine uygulanan tahmin modelleri karşılaştırmalı sonuçları (Song ve Chissom, 1993)

YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	CHEN (1996)	ROLLİNG GM (1,1)	HAREKETLİ ORT	CHEN (2002)
1971	13055				
1972	13563	14000			
1973	13867	14000			
1974	14696	14000			
1975	15460	15500			
1976	15311	16000			
1977	15603	16000			
1978	15861	16000			
1979	16807	16000			
1980	16919	16833			
1981	16388	16833			
1982	15433	16833			
1983	15497	16000			
1984	15145	16000			
1985	15163	16000			
1986	15984	16000			
1987	16859	16000			
1988	18150	16833			
1989	18970	19000			
1990	19328	19000			
1991	19337	19000			
1992	18876	19000			
ORT. 3,11		4,25		7,02	
				1,53	

Bir tekstil firmasının 2008-2016 yılları arasında gerçekleşen elbise takımı satış verilerine uygulanan tahmin modelleri sonuçları Tablo 5.4’de verilmektedir.

Tablo 5.4. Elbise takımı satış verilerine uygulanan tahmin modelleri karşılaştırmalı sonuçları

YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	CHEN (1996)		CHEN (2002)		ROLLING GM (1,1)		HAREKETLİ ORTALAMA.	
		n=1	Hata %		Hata %				
2008	1904	n=1							
2009	1502	1500	0,13	n=2					
2010	1351	1300	3,77	1300	3,77	k=5 Tahmin	Hata %	n=5 Tahmin	Hata %
2011	1643	1366,7	16,82	1700	3,47				
2012	1348	1300	3,56	1300	3,56				
2013	1285	1366,7	6,36	1300	1,17				
2014	1035	1366,7	32,05	1100	6,28	1419,81	10,49	1549,60	20,59
2015	887	900	1,47	900	1,47	1293,43	24,97	1425,80	37,76
2016	849	900	6,01	1100	29,56	916,66	3,34	1332,40	50,21
						790,81	6,85	1239,60	46,01
		ORT. 8,77		7,04		11,41		38,64	

Uygulamalar sonucunda en küçük tahmin hata yüzdesine sahip olan model, Chen (2002) modelidir. Bu da Chen (2002) modelini kullanarak daha az hata ile tahmin yapabileceğimizi göstermektedir.

6. UYGULAMA VE SONUÇLARIN ANALİZİ

EOQ modelinde de kullanılan parametrelerden biri olan talep değerinin (D) tahmini için Chen (2002) metodundan faydalanılmıştır. Gri ile ilişkilendirilmiş EOQ modeli çalışmasında, bir mobilya fabrikasında uygulama yapılmıştır. Talep tahmini için geçmiş yıllara ait satılan koltuk takımı sayılarına Chen (2002) modeli uygulanmıştır. Kullanılan veriler Tablo 6.1’de görülmektedir.

Tablo 6.1. Yıllık koltuk takımı satış miktarı

Yıl	Adet
2005	5002
2006	5122
2007	5280
2008	5554
2009	5410
2010	5639
2011	6068
2012	6039
2013	6336
2014	5968
2015	6208
2016	6330
2017	6542
2018	6599
2019	

Chen (2002) yöntem adımları uygulanarak 2019 yılına ait talep tahmini yapılmıştır. Evrensel aralığı (U) tanımlamak için öncelikli olarak, koltuk takımı satış miktarına ait veri setindeki enküçük ve enbüyük değerler belirlenir.

$$D_{max} = 6599 \quad D_{min} = 5002$$

D_1 ve D_2 İsteğe bağlı değerler

$$\text{Evrensel aralık} \quad U = [D_{min} \pm D_1 ; D_{max} \pm D_2]$$

$$D_1 = 2, D_2 = 1, U = [5000; 6600]$$

İkinci olarak uygun aralık belirleme işlemi yapılmıştır. Burada farklı yöntemler kullanılmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucu uygun aralık 100 olarak belirlenmiştir.

Evrensel aralık eşit on altı aralık olacak şekilde yeniden düzenlenmiştir.

$$\begin{aligned} \mathbf{u}_1 &= [5000, 5100], \mathbf{u}_2 = [5100, 5200], \mathbf{u}_3 = [5200, 5300], \mathbf{u}_4 = [5300, 5400], \mathbf{u}_5 = \\ &[5400, 5500], \mathbf{u}_6 = [5500, 5600], \mathbf{u}_7 = [5600, 5700], \mathbf{u}_8 = [5700, 5800], \mathbf{u}_9 = [5800, 5900] \\ , \mathbf{u}_{10} &= [5900, 6000], \mathbf{u}_{11} = [6000, 6100], \mathbf{u}_{12} = [6100, 6200], \mathbf{u}_{13} = [6200, 6300], \mathbf{u}_{14} = \\ &[6300, 6400], \mathbf{u}_{15} = [6400, 6500], \mathbf{u}_{16} = [6500, 6600]. \end{aligned}$$

Evrensel aralık üzerinde bulanık kümeler tanımlanır. Bulanık kümeler dilsel olarak ifade edilecektir. Bulanık kümelere karşılık gelen dilsel ifadeler tanımlanmıştır.

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_{16}$ Bulanık kümeler olmak üzere, evrensel aralık üzerinde bulanık kümeler tanımlanır.

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} +, \dots, + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}} + \frac{0}{u_{16}}$$

$$A_2 = \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} +, \dots, + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}} + \frac{0}{u_{16}}$$

.

$$A_{15} = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} +, \dots, + \frac{0,5}{u_{14}} + \frac{1}{u_{15}} + \frac{0,5}{u_{16}}$$

$$A_{16} = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} +, \dots, + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0,5}{u_{15}} + \frac{1}{u_{16}}$$

$$\mathbf{a}_{ij} \in [0, 1], 1 < i < k, \text{ ve } 1 < j < m.$$

a_{ij} Değişkeni A_i bulanık kümesinde u_j aralığının üyelik derecesini temsil etmektedir. 2005-2018 yılları arasındaki koltuk takımı satış adetleri ve bulanık değerleri Tablo 6.2’de verilmektedir.

Tablo 6.2. 2005-2018 yılları arasındaki koltuk takımı satış adetleri ve bulanık değerleri

Yıl	Takım Sayısı	Bulanık Değerler
2005	5002	A_1
2006	5122	A_2
2007	5280	A_3
2008	5554	A_6
2009	5410	A_5
2010	5639	A_7
2011	6068	A_{11}
2012	6039	A_{11}
2013	6336	A_{14}
2014	5968	A_{10}
2015	6208	A_{13}
2016	6330	A_{14}
2017	6542	A_{16}
2018	6599	A_{16}
2019		

Tablo 6.2 dikkate alınarak ikinci dereceden bulanık ilişki grupları oluşturulmuştur. Karar vericiler istenilen seviyeden 1 veya daha fazlası için bulanık ilişki grupları oluşturabilir ve tahminleme yapabilir.

İkinci dereceden bulanıklaştırılmış ilişki grupları Tablo 6.3’de verilmektedir.

Tablo 6.3. İkinci dereceden bulanıklaştırmış ilişki grupları

Grup-1	$A_1, A_2 - A_3$
Grup-2	$A_2, A_3 - A_6$
Grup-3	$A_3, A_6 - A_5$
Grup-4	$A_6, A_5 - A_7$
Grup-5	$A_5, A_7 - A_{11}$
Grup-6	$A_7, A_{11} - A_{11}$
Grup-7	$A_{11}, A_{11} - A_{14}$
Grup-8	$A_{11}, A_{14} - A_{10}$
Grup-9	$A_{14}, A_{10} - A_{13}$
Grup-10	$A_{10}, A_{13} - A_{14}$
Grup-11	$A_{13}, A_{14} - A_{16}$
Grup-12	$A_{14}, A_{16} - A_{16}$

Tahmini takım satış miktarlarını bulmak için, bulanıklaştırılmış değerlerden faydalanılmıştır. Bulanık zaman serisi yöntem adımları sırayla uygulanmıştır. 2009 yılında gerçekleşmiş satış değeri 5410. Bu değer A_5 olarak bulanıklaştırılmış. İkinci dereceden bulanık ilişki gruplarına bakıldığında $A_3A_6-A_5$ ’e şeklinde olup buna karşılık gelen 1 tane bulanık değer olduğu görülmektedir. Bu değer, $A_3A_6-A_5$ şeklindedir. Başka bir değer olmadığı için u_5 kümesinin ortalaması alınır. 2009 yılına ait takım tahminlemesi 5450 olarak hesaplanır.

İkinci dereceden, Chen (2002) yöntemine göre hesaplanmış tahmini takım sayıları Tablo 6.4’de verilmektedir.

Tablo 6.4. İkinci dereceden, Chen (2002) yöntemine göre hesaplanmış tahmini takım sayıları

Yıl	Takım Sayısı	Bulanık Değerler	Tahmin Değerleri	Hata %
2005	5002	A_1		
2006	5122	A_2		
2007	5280	A_3	5250	0,57
2008	5554	A_6	5550	0,07
2009	5410	A_5	5450	0,74
2010	5639	A_7	5650	0,2
2011	6068	A_{11}	6050	0,3
2012	6039	A_{11}	6050	0,18
2013	6336	A_{14}	6350	0,22
2014	5968	A_{10}	5950	0,3
2015	6208	A_{13}	6250	0,68
2016	6330	A_{14}	6350	0,32
2017	6542	A_{16}	6550	0,12
2018	6599	A_{16}	6550	0,74
2019			6550	4,44

Bu yöntem kullanılarak 2019’da üretilecek toplam koltuk takım sayısı belirlenmiştir. 2019 yılında üretilecek toplam takım sayısı 6550 adet olarak hesaplanmıştır. Bu değer EOQ denkleminde Q değerinin bulunması için kullanılacaktır.

Maliyet hesaplamada kullanılan parametreler, ortalama değerler temel alınarak hesaplanmıştır. Burada gri verilerin kullanılma nedeni, her siparişte maliyetlerin değişkenlik göstermesindendir. Mobilya firmasında K değeri, sipariş verme maliyeti, 80 ile 100 dolar arasında değişebilmektedir.

$$K = [80-100]$$

Bir koltuk takımı için ortalama 0,9-1 metreküp sünger kullanılmaktadır. Yapılan teklif analizleri sonucu bir koltuk takımının birim maliyeti 300 ile 400 dolar arasında değişebilmektedir.

$$C = [300-400]$$

Bir tırın hacmi 80 metreküp olup bir sevkiyatta tedarikçiden ortalama 70-75 takımlık sünger tedarik edilmektedir. Gelen ürünün depo alanında boşaltılması ve kontrol edilmesi kaynaklı bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Kusurlu rn için kontrol maliyeti değeri d ile gösterilmiştir. Bu değer 0,5-1\$ arasında değişkenlik göstermektedir.

$$d = [0,5-1]$$

İşletme, faklı modellerde üretim yapmaktadır. 200 model koltuk takımı bulunmaktadır. Bu takımların bazı modellerinden sipariş adetleri fazla olduğundan, bu modellerin sngerlerinden birkaç takım stokta tutulmaktadır. Stoksuzluğa düşmemek için stokta en çok satışı yapılan 30 takım bulunmaktadır. Her modelden 3-5 takım aralığında stok tutulmaktadır. Stokta tutma maliyeti, belirsizlik nedeniyle aralıklı gri sayı olarak tanımlanmıştır. Bu aralıkta 2\$ ile 4\$ arasında gerçekleşmektedir.

$$h = [2-4]$$

Gelen sipariş adetlerinde istenmeyen kalitede ve hatalı süngerler bulunmaktadır. Bazı siparişlerde bütün süngerler istenilen kalitede olurken, bazı siparişlerde bir ya da birkaç takımın farklı oturumlarında istenmeyen kalitede ve hatalı ürün olabilmektedir. Bu nedenle bu kapsamda, kusurlu ya da kalitesiz ürünlerin bir düzgün dağılıma bağlı olarak miktarı belirlenmeye çalışılmıştır.

Salameh ve Jaber (2000) alışmalarında, günde 8 saat, yılda 365 gün olacak şekilde, inceleme oranını $x=1*60*8*365= 175200$ birim/yıl olarak almışlardır. Bu çalışmada x değeri için bu varsayımdan faydalanılmıştır.

Kusurlu rnlerin dağılımı için $f(p)$, (a, b) arasında düzgün dağılmaktadır varsayımı yapılmıştır. $0 < a < b < 1$. Farklı a ve b değerlerine göre çözümler yapılabilir. Denklem (6.1)'de belirtildiği gibi bir çözüm aralığına sahiptir.

$$f(p) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & a \leq p \leq b \\ 0, & d. d. \end{cases} \quad (6.1)$$

Optimal sipariş miktarı aralıklı gri sayılarla Denklem (6.2)'deki gibi yeniden ifade edilmiştir.

$$y^* = \sqrt{\frac{2 \otimes_K D}{\otimes_h [E[(1-p)^2] + 2E[p]D/x]}} \quad (6.2)$$

Eniyi sipariş miktarında beklenen değer çözümleri belirtilmiştir.

$$E = [p] = \int_a^b pf(p)dp = \frac{a+b}{2} \quad (6.3)$$

$$E = [(1-p)^2] = \frac{1}{b-a} \int_a^b (1-p)^2 dp = \frac{a^2 + ab + b^2}{3} + 1 - a - b \quad (6.4)$$

Farklı a ve b değerlerine bağlı olarak beklenen değerler hesaplanmıştır. Düzgün dağılım değerlerine bağlı beklenen değerler Tablo 6.5'de verilmektedir.

Tablo 6.5. Düzgün dağılım değerlerine bağlı beklenen değerler

a	b	E [p]	E [(1 - p)²]
0	0,01	0,005	0,990033
0	0,02	0,01	0,980133
0	0,03	0,015	0,9703
0	0,04	0,02	0,960533
0	0,05	0,025	0,950833

Eniyi sipariş miktarının belirlenmesinde a=0 ve b=0,05 olarak alınarak işlem yapılmıştır.

Belirlenen değerler yerine yazıldığında elde edilen formül Denklem (6.5)'deki gibidir.

$$y^* = \sqrt{\frac{2x[80,100]x6550}{[2 - 4]x[0,950833 + 2x0,025x6550/175200]}} \quad (6.5)$$

$y=[524,411 - 829,167]$ ekonomik sipariş miktarı, aralıklı gri sayılar olarak bulunmuştur.

$$\text{Sipariş sayısı}=D/y =6550/[524,41-829,167]$$

$$=[7-13].$$

Denklem (4.27) kullanılarak, toplam maliyet gri aralıklı olarak hesaplanmıştır.

$$E[TC(y)] = [157.702,2\$; 332.809,2\$].$$

Toplam maliyet değeri belirsizlik ortamında yapılan çalışma sonucunda gri aralıklı bir sayı olarak bulunmuştur.

Yapılan çalışma sonucunda Toplam maliyet değeri 157.702,2 ile 332.809,2 dolar arasında bulunmuştur.

7. SONUÇ

Karar verme süreçlerinde, belirsizlik ortamında etkin bir karar vermenin çok zor olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, kesin verilerin olmadığı durumlarda, GST yaklaşımıyla aralıklı gri sayıların kullanılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca planlama girdisi olarak kullanılabilecek tahmin değerlerinin belirsizlik ortamı için geliştirilmiş yöntemlerle daha az tahmin hata oranıyla elde edilebileceği kanıtlanmaya çalışılmıştır. Belirsizlik ortamında kullanılan Rolling GM (1,1), Chen (1996) ve Chen (2002) tahmin modellerinin metodolojileri sunulmuştur.

Talep tahmin çalışmasında, dört farklı tahmin metodu karşılaştırılmıştır. Tahmin değerlerine ait hata yüzdesi oranı en düşük tahmin modeli, Gri ile ilişkilendirilmiş EOQ modelinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Tahminleme için hareketli ortalamalar yöntemi, GST kapsamında geliştirilmiş Rolling GM (1,1) modeli ve bulanık zaman serileri kapsamında geliştirilmiş Chen (1996) ve Chen (2002) modellerinden faydalanılmıştır.

Talep tahmini için üç farklı veri seti ve aynı kategoriden alınan üç veri seti dikkate alınarak tahmin çalışması yürütülmüştür. Veri setlerine uygulanan tahmin modelleriyle elde edilmiş ortalama hata yüzdeleri sonuçları aşağıda özet olarak sunulmaktadır.

VERİ GRUBU	Rolling GM (1,1)	Hareketli Ortalamalar	Chen (1996)	Chen (2002)
Trafik Kazası Verileri	4,50	15,81	6,01	<u>1,09</u>
Alabama Üniversitesi Öğrenci Sayısı Verileri	4,25	7,02	3,11	<u>1,53</u>
Takım Elbise Satış Verileri	11,41	38,64	8,77	<u>7,04</u>
Yıllık Elma Üretim Miktarı Verileri	13,21	11,50	8,30	<u>1,90</u>
Yıllık Portakal Üretim Miktarı Verileri	7,26	7,65	2,11	<u>0,32</u>
Yıllık Üzüm Üretim Miktarı Verileri	6,39	5,69	5,24	<u>0,94</u>

Verilen özet ortalama tahmin hata yüzdelere bakıldığında, ele alınan dört tahmin modeli arasında en küçük sonucun bulanık zaman serisi modeli olan Chen (2002)'den elde edildiği görülmektedir.

Talep tahmin çalışması tamamlandıktan sonra, GST ile ilişkilendirilmiş kusurlu ürün modeli çalışması yürütülmüştür. Elde edilen tahmin değeri ve sipariş edilen her partide hatalı ürünlerin olduğu göz önünde bulundurularak EOQ modeli oluşturulmuştur. Zamana bağlı olarak gerçekleşen hatalı ürün sayısı için düzgün dağılımdan faydalanılmıştır.

Aralıklı gri sayılar kullanılarak aralıklı gri maliyet fonksiyonu yazılmıştır.

Bir mobilya firmasından elde edilen verilerle uygulama çalışması yürütülmüştür. Tez çalışması sonucunda aralıklı bir değer olarak, belirsizliklerin olduğu ortamlarda GST yaklaşımıyla maliyet değerlerinin bulunabileceği gösterilmiştir. GST, Klasik EOQ modeline uygulandığı gibi daha karmaşık dinamik modellere de uygulanabilir bir yaklaşımdır.

Çalışmada EOQ modellerinde yer alan parametreler daha önceki modellerden farklı olarak aralıklı gri sayılar olarak modele dâhil edilmiştir. Gri aralıklı parametreler içeren EOQ modeliyle eniyi sipariş miktarı belirlenmiştir.

Beklenen değerın hesaplanmasında kullanılan farklı a ve b değerleri içinde EOQ modeli test edilebilir.

Ayrıca farklı dağılımlar kullanılarak en uygun sipariş miktarı üzerine bir çalışma yapılabilir. Belirsiz ortamlarda talep tahmini (D) için farklı tahmin modelleri (Üssel düzeltme, Box-Jenkins, Ağırlıklı Hareketli Ortalamalar, yapay zekâ yaklaşımları vb.) kullanılarak talep tahmin çalışması genişletilebilir.

Gri sistem teorisi belirsizliğin olduğu birçok problem türünde uygulanabilecek bir yaklaşımdır. Planlama ihtiyacı duyulan ortamlarda belirsiz durumları kısmen belirli duruma getirmek için tercih edilme sebebidir.

KAYNAKÇA

- Acar, Z. ve Köseoğlu, M. (2014). Lojistik yaklaşımıyla tedarik zinciri yönetimi, (1.Basım).Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Akay D. ve Atak, M.(2007) Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey. *Energy*, 32 (2007) 1670–1675.
- Aksoy, Z. S. (2008).*Kurumsal kaynak planlaması yazılımlarında talep tahmin yöntemleri ve uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Akyurt İ.Z.(2009). *Ürün stok politikalarının olasılıklı talep yapısı altında markov karar süreci ile analizi*, Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Bayramoğlu, A. , Öztürk, Z.(2017) ARIMA ve gri sistem modelleri ile enflasyon tahmini *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 760-775.
- Bilgin, D. (2013). *Kobi’lerde modern stok yönetim modellerinin uygulanabilirliği: karaman ilinde bir uygulama*. Yüksek Lisans Tezi. Karaman: Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi.
- Boran, F.E. (2015) Forecasting natural gas consumption in turkey using grey prediction. *Energy Sources, Part B*, 10: 208–213, 2015.
- Chang, H.C.(2004). An application of fuzzy sets theory to the EOQ model with imperfect quality items. *Computers & Operations Research* 31 (2004) 2079–2092.
- Chen, S. M. (1996). Forecasting enrollments based on fuzzy time series. *Fuzzy Sets and Systems*, 81(3), 311- 319.
- Chen, S. M. (2002). Forecasting enrollments based on high order fuzzy time series. *Cybernetics and Systems*, 33(1), 1-16
- Chiou, H.K. , Tzeeng, G.H. , Cheng, C.K. , Liu, C.S.(2004) Grey prediction model for forecasting the planning material of equipment spare parts in navy of Taiwan. *Automation Congress*, 17, 315-320.
- Çağlar, T.(2007). *Talep tahmininde kullanılan yöntemler ve fens teli üretimi yapan bir işletmede uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale: Kırıkkale Üniversitesi.
- Deng, J. L. (1982). Control problems of grey systems. *System & Control Letters*, 5: 288-294.
- Durucasu, H.(2004). Stok planlamada Wagner-Whitin dinamik programlama algoritmasının kullanımı, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11.Sayı.
- Eroğlu, A. (2002a). *Deterministik envanter modelleri*. (1.Basım) Isparta: Fakülte Kitapevi Yayın.
- Eroğlu, A. (2002b). Kusurlu ürünler içeren üretim partileri için, enflasyon ve paranın zaman değeri etkileri altında bir ekonomik sipariş miktarı modeli. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(1), 85-97.

- Eroğlu, A. ve Özdemir, G. (2007) An economic order quantity model with defective items and shortages, *International Journal of Production Economics* 106 (2007) 544–549.
- Filiz, A.(2003). Stok yönetimi seminer notları, KOSGEB KÜGEM’de sunulmuş bildiri özeti. http://www.biymed.com/forum/forum_posts.asp?TID=13844 (Erişim tarihi: 21.11.2016)
- Goyal, S. K. , Cardenas- Barron, L.E.(2002). Note on: Economic production quantity model for items with imperfect quality a practical approach, *Production Economics* 77 (2002) 85–87.
- Güner, B. ve Taçyıldız, E. (2017). Türkiye’deki trafik kazalarının yuvarlanma GM (1,1) mekanizması ile tahmini, *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 13 (2017), 59-71.
- Hsu, C.I. ve Wen, Y.H.(1998) Improved grey prediction models for the trans-pacific air passenger market. *Transportation Planning and Technology*, 22:2, 87-107.
- Hsu, L.C.(2003) Applying the Grey prediction model to the global integrated circuit industry. *Technological Forecasting & Social Change*, 70 (2003) 563–574.
- Hsu, L.C.(2011). Using improved grey forecasting models to forecast the output of optoelectronics industry. *Expert Systems with Applications*., 38 (11), 13879–13885.
- Karagöz, M.(2003).*Öğrenme ve farklı talep fonksiyonlarını içeren ekonomik üretim miktarı model önerileri*. Doktora Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Karahan, M.(2011). *İstatistiksel tahmin yöntemleri: Yapay sinir ağları metodu ile ürün talep tahmini uygulaması*. Doktora Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi.
- Kaya, N. (2004). *Tedarik zinciri ve stok yönetimi üzerine bir uygulama*. Doktora Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi.
- Kaya, K. ve Taşçı, L.(2015) TUTGA ve C dereceli nokta koordinatlarının gri sistem ile tahmin edilmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 25-28 Mart: Ankara.
- Kobu, B. (1998). *Üretim yönetimi*. (10.Basım).İstanbul: Avcıol Basım Yayın.
- Kobu, B. (2006). *Üretim yönetimi*.(Genişletilmiş ve Güncelleştirilmiş 13.Basım) İstanbul: Beta Basım Yayın.
- Köse, E. (2010). *Gri sistem teorisi ve belirsizlik ortamı için EOQ modeline uygulanması*. Doktora Tezi. Ankara: Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Hareket Araştırması Ana Bilim Dalı.
- Küçük, O.(2009). *Stok yönetimi ampirik bir yaklaşım*.(1.Basım) Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Liu, S and Lin, Y.(2010). *Grey systems theory and applications*.(Edition 1) Almanya: Springer.
- Liu, S and Lin, Y.(2006). *Grey information theory and practical applications*. (Edition 1) London: Springer.

- Lu, I.J. , Lewis, C. , Lin, S.J. (2009) The forecast of motor vehicle, energy demand and CO₂ emission from Taiwan's road transportation sector. *Energy Policy*, 37(2009)2952–2961.
- Maddah, B. and Jaber, M.Y.(2008). Economic order quantity for items with imperfect quality: Revisited. *International Journal of Production Economics*,112(2), 808–815.
- M.K. Salameh, M.Y. Jaber. (2000). Economic production quantity model for items with imperfect quality. *International Journal of Production Economics*, 64(1-3), 59-64.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2011). *Ulaştırma stok yönetimi 840UH0119*. Ankara.
- Nahmias, S.(1982). *Production and operations analysis*. (Fourth edition). Kalifornia: Mc Grew-Hill Irwin Publishing.
- Ömürberk, V. , Aksoy, E. , Akçakanat, Ö. (2018).Bankaların grup bazlı karlılıklarının gri tahmin yöntemi ile değerlendirilmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10 (23), 76-89.
- Öztürk, A. (2009). *Yöneylem araştırması*. (12.Baskı). Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Papachristos, S. ve Konstantaras, I (2006). Economic ordering quantity models for items with imperfect quality, *Production Economics 100 (2006)* 148–154.
- Song, Q. and B. S. Chissom (1993a). Forecasting enrollments with fuzzy time series: Part I. *Fuzzy Sets and Systems*, 54 (1),1- 9.
- Sulak, H. (2008). *Stok kontrolü ve ekonomik sipariş miktarı modellerinde yeni açılımlar: Ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu ve bir model önerisi*. Doktora Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Sulak, H. ve Eroğlu, A. (2009). Ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerinde yeni açılımlar, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (3), 383-406.
- Stevenson, W.J. (2005). *Operations and management*. (Eight edition) North America: McGraw-Hill.
- Tanyaş M.ve Baskak M. (2015). *Üretim planlama ve kontrol*. (6.Basım)İstanbul: İrfan Yayıncılık.
- Tanrıverdi, Y. (2010). *Etkin stok yönetimi ve Türkiye’de bir uygulama*. Yüksek Lisans Tezi. Denizli: Pamukkale Üniversitesi.
- Üreten, S. (2005). *Üretim/İşlemler Yönetimi, Stratejik Kararlar ve Karar* (5.Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Yin, M.S. and Tang, H.W.V. (2013). On the fit and forecasting performance of grey prediction models for China's labor formation, *Mathematical and Computer Modelling*. , (57) 3–4, 357–365.
- Yılmaz, H. ve Yılmaz, M. (2013). Forecasting **CO₂** emissions for turkey by using the grey prediction method. *Sigma* 31, 141-148.

- Yenersoy, G. (2015). *Üretim planlama ve kontrol*. (2. Basım). İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim.
- Wang, C.H. ve Hsu, L.C. (2008) Using genetic algorithms grey theory to forecast high technology industrial output. *Applied Mathematics and Computation*, 195 (2008) 256–263.
- Wee, H.M., Jonas Yu, J. , M.C. Chen M.C. (2007). Optimal inventory model for items with imperfect quality and shortage backordering, *Omega* 35 (2007) 7 – 11.
- Zhao, H. ve Guo, S. (2016). An optimized grey model for annual power load forecasting. *Energy*, 107 (C), 272-286



EKLER

EK-1. Veriler ve Hata Yüzdeleri (Güner ve Taçyıldız, 2017)

Yıl Year	Number of kaza sayısı accidents		accidents		Ölü sayısı		aralı sayısı		tahmin yaralı sayısı		
	vehicles	Total	involving	tahmin	involving	tahmin	Number of persons killed			Number of	
	registered	number of	death or	ölümlü	material	maddi	Toplam ıza yerinde	Kaza sonrası ⁽¹⁾		persons	
	to traffic	accidents	injury	yaralanmalı	loss only	hasarlı	Total dent scene	Accident follow-up ⁽¹⁾		injured	
2009	14 316 700	1 053 346	111 121		942 225		4 324	4 324	-	201 380	
2010	15 095 603	1 106 201	116 804		989 397		4 045	4 045	-	211 496	
2011	16 089 528	1 228 928	131 845		1 097 083		3 835	3 835	-	238 074	
2012	17 033 413	1 296 634	153 552		1 143 082		3 750	3 750	-	268 079	
2013	17 939 447	1 207 354	161 306		1 046 048		3 685	3 685	-	274 829	
2014	18 828 721	1 199 010	168 512		1 030 498		3 524	3 524	-	285 059	
2015	19 994 472	1 313 359	183 011		1 130 348		7 530	3 831	3 699	304 421	
2016	21 090 424	1 182 491	185 128	192 030	997 363	1 073 625	7 300	3 493	3 807	303 812	
2017	22 218 945	1 202 716	182 669	204 503	1 020 047	1 116 165	7 427	3 534	3 893	300 383	
2018	22 865 921	1 229 364	186 532	217 969	1 042 832	1 138 087	6 675	3 368	3 307	307 071	
				10,845%	3,045%						8,876%

EK-2. Üzüm üretim miktarına uygulanan tahmin modelleri karşılaştırmalı sonuçları
(<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>)

YIL	ÜZÜM	Rolling-GM (1,1)		Hareketli Ortalama		CHEN (1996)		CHEN (2002)	
						n=1	Hata %		
2001	3 250 000	k=5	Hata %	n=5	Hata %			n=5	Hata %
2002	3 500 000					3 450 000	1,4		
2003	3 600 000					3 625 000	0,7		
2004	3 500 000					3 450 000	1,4		
2005	3 850 000					3 625 000	5,8		
2006	4 000 063	3 859 506	3,5	3 540 000	11,5	4 050 000	1,2	4 050 000	1,2
2007	3 612 781	4 146 023	14,8	3 690 013	2,1	3 650 000	1,0	3 650 000	1,0
2008	3 918 442	3 858 773	1,5	3 712 569	5,3	3 950 000	0,8	3 950 000	0,8
2009	4 264 720	3 799 284	10,9	3 776 257	11,5	4 250 000	0,3	4 250 000	0,3
2010	4 255 000	4 242 239	0,3	3 929 201	7,7	4 200 000	1,3	4 250 000	0,1
2011	4 296 351	4 603 021	7,1	4 010 201	6,7	4 200 000	2,2	4 250 000	1,1
2012	4 234 305	4 467 747	5,5	4 069 459	3,9	4 200 000	0,8	4 250 000	0,4
2013	4 011 409	4 250 165	6,0	4 193 764	4,5	4 200 000	4,7	4 150 000	3,5
2014	4 175 356	4 007 077	4,0	4 212 357	0,9	3 916 667	6,2	4 150 000	0,6
2015	3 650 000	4 033 311	10,5	4 194 484	14,9	3 916 667	7,3	3 650 000	0,0
2016	4 000 000	3 641 166	9,0	4 073 484	1,8	3 950 000	1,3	3 950 000	1,3
2017	4 200 000	3 819 935	9,0	4 014 214	4,4	2 277 500	45,8	4 150 000	1,2
2018	3 933 000	4 117 391	4,7	4 007 353	1,9	3 916 667	0,4	3 950 000	0,4
2019	4 100 000	4 206 418	2,6	3 991 671	2,6	4 100 000	0,0	4 050 000	1,2
ORT.		6,4		5,7		5,2		0,9	

EK-3. Elma üretim miktarına uygulanan tahmin modelleri karşılaştırmalı sonuçları
(<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>)

YIL	ELMA	Rolling-GM (1,1)		Hareketli Ortalama Tahmin		CHEN (1996)		CHEN (2002)	
2001	2 450 000	k=5	Hata %	n=5	Hata %	n =1	Hata %	n=5	hata %
2002	2 200 000					2 500 000	13,6		
2003	2 600 000					2 500 000	3,8		
2004	2 100 000					2 500 000	19,0		
2005	2 570 000					2 500 000	2,7		
2006	2 002 033	2 524 757	26,1	2 384 000	19,1	2 500 000	24,9	2 100 000	4,9
2007	2 457 845	2 006 784	18,4	2 294 407	6,6	2 500 000	1,7	2 500 000	1,7
2008	2 504 494	2 411 408	3,7	2 345 976	6,3	2 500 000	0,2	2 500 000	0,2
2009	2 782 365	2 452 595	11,9	2 326 874	16,4	2 500 000	10,1	2 700 000	3,0
2010	2 600 000	3 080 950	18,5	2 463 347	5,3	2 700 000	3,8	2 500 000	3,8
2011	2 680 075	2 763 675	03,1	2 469 347	7,9	2 500 000	6,7	2 700 000	0,7
2012	2 888 985	2 727 617	5,6	2 604 956	9,8	2 700 000	6,5	2 900 000	0,4
2013	3 128 450	2 842 227	9,1	2 691 184	14,0	3 100 000	0,9	3 100 000	0,9
2014	2 480 444	3 306 054	33,3	2 815 975	13,5	3 100 000	25,0	2 500 000	0,8
2015	2 569 759	2 710 934	05,5	2 755 591	7,2	2 500 000	2,7	2 500 000	2,7
2016	2 925 828	2 392 127	18,2	2 749 543	6,0	2 500 000	14,6	2 900 000	0,9
2017	3 032 164	2 639 227	13,0	2 798 693	7,7	3 100 000	2,2	3 100 000	2,2
2018	3 625 960	3 290 985	9,2	2 827 329	22,0	3 100 000	14,5	3 700 000	2,0
2019	3 618 752	3 957 685	9,4	2 926 831	19,1	3 700 000	2,2	3 700 000	2,2
ORT.		13,2		11,5		8,3		1,9	

EK-4. Portakal üretim miktarına uygulanan tahmin modelleri karşılaştırmalı sonuçları
(<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>)

YIL	PORTAKAL	Rolling-GM (1,1)		Hareketli Ortalama Tahmin		CHEN (1996)		CHEN (2002)	
		k=5	Hata %	n=5	Hata %	n=1	Hata %	n=5	Hata %
2001	1 250 000								
2002	1 250 000					1 280 000	02,4		
2003	1 250 000					1 280 000	2,4		
2004	1 300 000					1 280 000	1,5		
2005	1 445 000					1 460 000	1,0		
2006	1 535 806	1 481 249	03,6	1 299 000	15,4	1 540 000	0,3	1 540 000	0,3
2007	1 426 965	1 652 489	15,8	1 356 161	05,0	1 540 000	7,9	1 420 000	0,5
2008	1 427 156	1 544 356	8,2	1 391 554	02,5	1 560 000	9,3	1 420 000	0,5
2009	1 689 921	1 419 070	16,0	1 426 985	15,6	1 560 000	7,7	1 700 000	0,6
2010	1 710 500	1 645 107	3,8	1 504 970	12,0	1 720 000	0,6	1 700 000	0,6
2011	1 730 146	1 861 821	7,6	1 558 070	09,9	1 720 000	0,6	1 740 000	0,6
2012	1 661 111	1 877 370	13,0	1 596 938	03,9	1 660 000	0,1	1 660 000	0,1
2013	1 781 258	1 681 461	5,6	1 643 767	07,7	1 780 000	0,1	1 780 000	0,1
2014	1 779 675	1 757 279	1,3	1 714 587	03,7	1 800 000	1,1	1 780 000	0,0
2015	1 816 798	1 806 767	0,6	1 732 538	04,6	1 800 000	0,9	1 820 000	0,2
2016	1 850 000	1 877 934	1,5	1 753 798	05,2	1 860 000	0,5	1 860 000	0,5
2017	1 950 000	1 868 802	4,2	1 777 768	08,8	1 940 000	0,5	1 940 000	0,5
2018	1 900 000	1 990 009	4,7	1 835 546	03,4	1 900 000	0,0	1 900 000	0,0
2019	1 700 000	1 967 381	15,7	1 859 295	09,4	1 700 000	0,0	1 700 000	0,0
ORT.		7,3		7,6		2,1		0,3	

ÖZGEÇMİŞ

EKREM TAÇYILDIZ

İŞ HAYATI:

- (07/2018-Devam)- Üretim Planlama Mühendisi- Aerofa Aerosol Dolum Sanayii A.Ş.-KOCAELİ
(01.2017-08.2016) - Satınalma Sorumlusu – Montel Mobilya - KOCAELİ
09.2015-02.2016) - Mühendislik-Kaizen– Hisarlar Makina A.Ş - ESKİŞEHİR

EĞİTİM BİLGİLERİ:

- 2015-2021 Eskişehir Teknik Üniversitesi – Yüksek Lisans -Endüstri Mühendisliği Bölümü
2011-2015 Anadolu Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
2012-2016 Anadolu Üniversitesi Açık öğretim Fakültesi İşletme (İkinci Üniversite)
2010-2011 Anadolu Üniversitesi-Yabancı Diller Yüksekokulu İngilizce Programı
2005-2009 Bayburt Fen Lisesi(Diploma Puanı: 83/100)

YAYINLAR VE BAŞARILAR:

- 2017 MAKALE – Türkiye’deki Trafik Kazalarının Yuvarlanma GM (1,1) Mekanizması ile Tahmini
2017 IFORS –Uygun Tahmin Metodunun Seçimi (KANADA)
2015 Montaj Hattında Ergonomik Risk Haritalama -Bitirme Projesi- **Ford Otosan**
2014 Hat Dengeleme- Proje Tabanlı Staj- **Hisarlar Makine San. ve Tic. A.Ş.**

YABANCI DİL PUANLARI

YDS-68,75 /100 YÖKDİL: 80/100